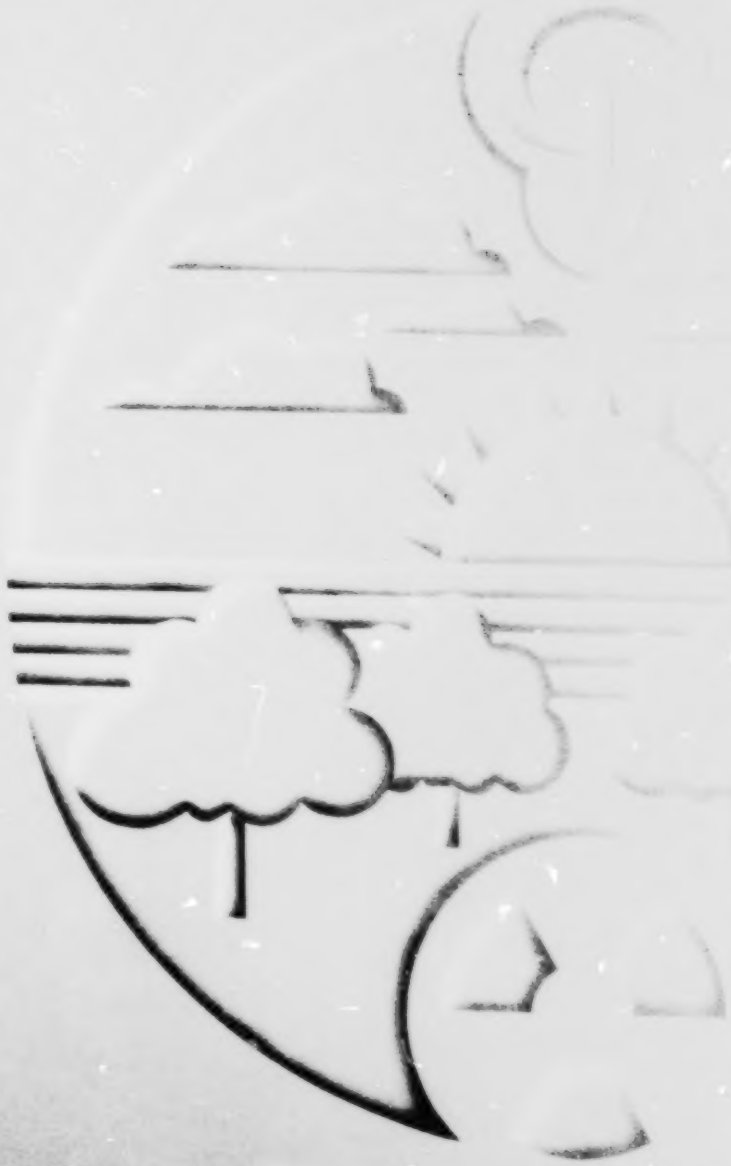
Health and Welfare Canada
Santé et Bien-être social Canada

Environmental Radioactivity in Canada — 1985

87-EHD-132



Canada

87-06017/

RADIOLOGICAL MONITORING ANNUAL REPORT

ENVIRONMENTAL RADIOACTIVITY IN CANADA
1985

Environmental Health Directorate
Health Protection Branch

Published by authority of the Honourable Jake Epp
Minister of National Health and Welfare

87-EHD-132

COPIES OF THIS REPORT CAN BE OBTAINED FROM

Communications Directorate
Department of National Health and Welfare
5th Floor
Brooke Claxton Building
Ottawa K1A 0K9

Également disponible en français sous le titre
"La radioactivité ambiante au Canada - 1985"

©Minister of Supply and Services Canada 1987
Cat. No. H46-2/87-132E
ISBN 0-662-15502-5

ACKNOWLEDGEMENTS

This report describes the activities and measurements carried out by the Environmental Radiation Hazards Division of the Bureau of Radiation and Medical Devices during 1985. It was prepared by R.S. Eaton, R.G. McGregor, J.M. Quinn and B.L. Tracy. The radiochemical analyses were carried out by W.G. Awrey, R. Brown, L.C. Burns, P.E. Cobbold, B. Hauck, R.N. Hull, W. Hunt, M.A. Iamello, J.M. Lahey, A.Y. Lin, A.T. Steenkamer and W.B. Walker. The work was done under the direction of D.P. Meyerhof, Chief, Environmental Radiation Hazards Division. Dr. E.G. Létourneau, Director, Bureau of Radiation and Medical Devices, is thanked for his support of the program.

The cooperation of Environment Canada, Agriculture Canada, the Department of National Defence, provincial departments, municipalities and private individuals in obtaining the samples is gratefully acknowledged.

ABSTRACT

The radiological surveillance program of the Department of National Health and Welfare is conducted for the purpose of determining levels of environmental radioactivity in Canada and assessing the resulting population exposures. Special investigations were carried out during 1985 on the metabolism of natural radionuclides and on the accumulation of radon in energy-efficient homes. Dose commitments have been estimated for the ongoing natural radioactivity, fallout and reactor studies. All measurements made during 1985 are below the limits recommended by the International Commission on Radiological Protection.

This report is prepared as a summary of work in progress and as a means of publishing the results of ongoing programs in a format that, hopefully, is useful to those who receive it. Comments, suggestions and questions concerning this material are appreciated. Thanks are hereby extended to those who have taken the time to contact the Division and an invitation is extended to everyone to send their ideas to:

Environmental Radiation Hazards Division
Bureau of Radiation and Medical Devices
Department of National Health and Welfare
775 Brookfield Road
Ottawa, Ontario
K1A 1C1

TABLE OF CONTENTS

	Page
INTRODUCTION	1
RESEARCH PROJECTS	2
Human Bone Studies	2
Environmental Pathways Modelling	3
Uranium Toxicity Study	3
Methods Development and Instrumentation	3
NATURAL RADIOACTIVITY	5
Drinking Water	5
Radon Studies	6
RADIOACTIVITY FROM FALLOUT	7
Surface Air in 1985	7
Precipitation in 1985	7
Milk in 1985	7
Fallout Trends from 1958 to 1985	7
RADIOACTIVITY FROM NUCLEAR REACTORS	9
Air Water Vapour	9
Water	10
Milk	10
External Radiation Exposure	10
McMaster University	11
Nuclear Vessels	11
Emergency Planning	11
Nuclear Power Sources in Outer Space	12
SUMMARY	13
REFERENCES	14
REPORTS AND PRESENTATIONS	15
TABLES	16
FIGURES	31

LIST OF TABLES

		Page
1.	Performance in Laboratory Intercomparisons	16
2.	Radium-226 Levels in Drinking Water 1985	18
3.	Uranium Levels in Drinking Water 1985	19
4.	Gross Beta Activity in the Canadian Air Monitoring Network 1985	20
5.	Gross Beta Activity in the Canadian Precipitation Monitoring Network 1985	21
6.	Strontium-90 in the Canadian Milk Monitoring Network 1985	22
7.	Cesium-137 in the Canadian Milk Monitoring Network 1985	23
8.	Off-site Monitoring of Nuclear Reactor Environs -- Tritium in Water Vapour 1985	24
9.	Off-site Monitoring of Nuclear Reactor Environs -- Strontium-90 in Untreated Water 1985	25
10.	Off-site Monitoring of Nuclear Reactor Environs -- Cesium-137 in Untreated Water 1985	26
11.	External Radiation Dose Measurement at Environmental Stations 1985	27
12.	External Radiation Dose Measurements in the Vicinity of Nuclear Reactors 1985	28
13.	Summary of Doses and Implied Risks Determined through the Environmental Radioactivity Monitoring Program during 1985	29

LIST OF FIGURES

		Page
1.	Canadian Sampling Station Network	31
	Key to Figure 1	30
2.	Fallout Trends, National Averages, 1958-1985	32
3.	Sampling Locations in the Vicinity of the Bruce Nuclear Power Development	33
4.	Sampling Locations in the Vicinity of the Pickering Nuclear Generating Station	34
5.	Sampling Locations in the Vicinity of the Gentilly Nuclear Site	35
6.	Sampling Locations in the Vicinity of the Point Lepreau Nuclear Generating Station	36
7.	Sampling Locations on the Winnipeg River - Drinking Water	37
8.	Sampling Locations on the Ottawa River - Drinking Water	38

INTRODUCTION

The Environmental Radiation Hazards Division of the Bureau of Radiation and Medical Devices investigates the potential health hazards to the Canadian population from natural and man-made sources of environmental radioactivity. This includes the evaluation of population doses from terrestrial and cosmic radiation and potential health risks from inhaling radioactivity in air or ingesting it in drinking water and food. The data are collected by operating a nationwide network of sampling stations for air, precipitation, water vapour, drinking water and milk, and through special surveys.

During 1985 the following studies were conducted.

- Further measurements were carried out on the levels of lead-210 and stable lead in human bone.
- All previous data from the human bone sampling program were entered into a computer file.
- A computer-based dispersion model was tested on tritium distributions in the vicinity of the Pickering Nuclear Generating Station.
- The nationwide program to study radium-226 and uranium in drinking water supplies continued.
- Further studies were conducted on radon in indoor air.
- The nationwide study of nuclear weapons fallout and the potential health impact of radioactive emissions from nuclear reactors in Canada was maintained.

Extensive laboratory renovations and instailation of equipment during the year affected the uranium toxicity study.

In this report the results for 1985 are presented in tabular form. Fallout trends from 1958 to 1985 are illustrated in graphical form. Results are given in SI units. Radioactivity measurements are in becquerels (Bq). One becquerel is equivalent to 27 picocuries. Absorbed doses are in grays (Gy) where one gray is equal to 100 rads. Dose equivalents are in sieverts (Sv) where one sievert is equal to 100 rems.

RESEARCH PROJECTS

Human Bone Studies

Since 1958 the Bureau of Radiation and Medical Devices has collected more than 5000 vertebrae samples from hospitals across Canada in connection with the fallout strontium-90 program. This archived bone material provides a unique opportunity to examine levels of other long-lived radionuclides and toxic metals to which Canadians have been exposed over the past quarter century. Adequate samples exist to study variations with age, sex, year of death, cause of death, and geographical location. The results can be correlated with monitoring data for concentrations in air, drinking water and food.

During 1985 all the records on bone samples were entered into a computer file. Causes of death were coded according to the ninth revision of the International Classification of Diseases. The computerization of this data allows rapid cross linkage of records and facilitates the search for correlations and trends.

One of the first tasks utilizing this data base will be the development of an age-dependent model for uptake of strontium-90 by the human skeleton. This model will allow the prediction of strontium-90 uptake from any future nuclear event. It will also aid in understanding the metabolism of all bone-seeking radionuclides, including those associated with the front end of the nuclear fuel cycle (uranium and thorium series, etc.). As a preliminary step, a statistical report was prepared on the dietary intake of strontium-90 by Canadians from 1947 to 1984(1).

Stable lead measurements in the bone samples are being carried out in cooperation with the Inorganic Chemistry Section, Bureau of Chemical Hazards. Approximately 240 samples were analyzed from the cities of Winnipeg, Montreal, and Charlottetown, for the years 1965-1984. No significant differences were found between locations although levels tended to be higher for Montreal. Concentrations were highest in the >20 year age group indicating increased body burden with age. An increase in lead concentration was observed for the ages 1-11 years, with a decrease for 12-19 years. Differences between the sexes were not significant. Higher than average concentrations were observed in Winnipeg samples for the period 1976-1980, particularly in the 1-4 year age group. A similar pattern was observed in air lead concentrations, which suggests a possible correlation between air lead and bone lead.

Measurements of lead-210 in bone are planned to determine if this radionuclide behaves in the same way as stable lead. There are also plans to measure uranium in bone for cities having higher than normal uranium concentrations in drinking water.

Environmental Pathways Modelling

A set of computer programs is being developed to predict doses resulting from radionuclide emissions at nuclear facilities. This includes short-term and long-term atmospheric dispersion models, computations for external irradiation from a semi-infinite cloud and a uniform ground layer, and food chain transfer models.

Preliminary calculations were carried out using the Climatological Dispersion Model for tritium in the vicinity of the Pickering Nuclear Generating Station during the period 1973-1977. Estimates of tritium emissions were obtained from Ontario Hydro reports. Calculated concentrations were compared with values measured in the monitoring network at Pickering. There was a net tendency for the model to over-predict, especially for extremely low-observed values. Refinements in the model are being carried out.

Uranium Toxicity Study

Previous reports have described the laboratory experiments to determine the toxicity of uranium in rats and rabbits[2,3,4,5]. This project is being conducted jointly with the Environmental Contaminants Section, Bureau of Chemical Hazards, for the purpose of reassessing the current value (20 $\mu g\ L^{-1}$) for the Maximum Acceptable Concentration of uranium in Canadian drinking water[6]. Analysis of rabbit kidney, bone, faeces and urine continued for total uranium.

Methods Development and Instrumentation

The project to develop a large area germanium detector system with a centralized computer-based data acquisition and analysis capability continues. Improved hardware and software have been installed and tested on two Canberra series 90 multichannel analyzers (MCA's). The project will be completed in early 1986.

The PDP 11/44 mini-computer which acts as the data acquisition and analysis system for these MCAs and for other nuclear counting instruments is being updated. Additional memory, storage, and back-up and transfer capabilities have been ordered.

A feasibility study is underway to determine the sensitivity of CaF_2:Mn thermoluminescent dosimeter (TLD) chips v.s. CaF_2:Mn TLD bulbs in the measurement of environmental levels of external gamma radiation dose rates.

Laboratory quality control programs continued through participation in inter-laboratory comparisons sponsored by the United States Environmental Protection Agency. The performance of the Division is summarized in Table 1.

NATURAL RADIOACTIVITY

Studies of population exposures due to natural radioactivity continued with radiochemical analyses of drinking water for radium-226 and total uranium. The concentrations measured during 1985 were, for the most part, less than the Maximum Acceptable Concentrations of 1 Bq L^{-1} for radium-226 and 20 µg L^{-1} for uranium recommended in the Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, 1978[6]. Further studies on radon in homes were also carried out during 1985.

Drinking Water

Monthly composite samples of drinking water were collected from the four municipalities shown in Figure 1. The results for radium-226 are presented in Table 2. For the most part, the concentrations were at or near the detection limit of 5 mBq L^{-1}. The highest concentrations continued to be observed in both treated and untreated water from Elliot Lake and reached 27 mBq L^{-1} in April. The town is located at the center of uranium mining activities in Ontario.

The uranium concentrations in Table 3 show considerable variations with time and location. As observed in previous reports, the highest concentrations occurred at Regina (8.8 µg L^{-1} in April). Regina draws part of its drinking water requirements from ground water sources whereas all other locations rely entirely on surface waters.

In cooperation with the Province of Manitoba, a study was initiated on natural radioactivity levels in water supplies of communities supplied by ground water sources. A total of 130 communities are included in the program. Determinations of radon-222, radium-226, and total uranium have been completed for raw water. Analyses for radium-228 and lead-210 are in progress. The concentrations of radium-226 range from 5 to 170 mBq L^{-1} with an average of 15 mBq L^{-1}. Total uranium varies from 0.1 to 96 µg L^{-1} with an average of 8.9 µg L^{-1}. The maximum acceptable concentration for uranium was exceeded at 12 locations, whereas the target concentration for radium-226 (100 mBq L^{-1}) was exceeded at only one location.

Also in cooperation with Manitoba, a resurvey was carried out of radium-226 and total uranium levels in well water and surface water supplies in the vicinity of the Lac du Bonnet granite batholith. The sampling area of the present and 1983 survey was a 5 km radius around the Underground Research Laboratory of Atomic Energy of Canada Limited. Radium-226 concentrations ranged from the detection limit

of 5 mBq L^{-1} to 5.3 Bq L^{-1} and total uranium from 0.1 to 565 µg L^{-1}. The maximum acceptable concentration for uranium is exceeded at 11 out of 20 locations, whereas the limit for radium-226 is exceeded at only one location. The results of the 1985 survey are very similar to those of the 1983 survey.

Radon Studies

Through the National Cancer Institute of Canada at the University of Toronto, the Bureau has completed a pilot case-control study of lung cancer and domestic exposure to radon and radon daughters. Up to 100 cases and 100 controls were interviewed in each of two Canadian cities; one having a low level of natural radon; the other, a higher level. Integrating radon dosimeters were placed in all the houses for two six-month periods and data on housing designs are being studied as a method of estimating an occupant's exposure over a 25-year period.

One in ten houses was also measured for radon by the collection of spot or grab samples in the spring and fall as a means of tying these measurements into the national radon survey undertaken earlier(2). Each house was measured over a two-week period for radon and radon daughter concentrations to establish mean values for the home and the degree of disequilibrium between radon and its daughters.

Dosimeter results from the first six months for both cities have been analyzed and compared with the mean of the national radon survey undertaken earlier(2). There are indications of a reasonable correlation. A full case-control study is now being concentrated in the higher city. One hundred pairs of cases and controls were interviewed by staff of the Manitoba Cancer Treatment and Research Foundation during the year.

Initial work was started on the development of a small passive radon dosimeter for use both in-house and for the case control study, as it is expected that our present supplier will no longer provide this service in the future. This service may be made available to the public on request on a cost recoverable basis if there is sufficient demand.

RADIOACTIVITY FROM FALLOUT

Since 1958 the Radiation Protection Bureau has maintained a network of fallout monitoring stations distributed throughout nine of the ten provinces and in both territories. Gross beta radioactivity is measured in surface air and precipitation, and strontium-90 and cesium-137 are determined in whole milk. This section summarizes results for 1985 and reviews trends in fallout from 1958 to the present.

Surface Air in 1985

Surface air is sampled for gross beta radioactivity at the 29 locations shown in Figure 1. Air is drawn continuously through glass fibre filters at an approximate flow rate of 900 cubic metres per day. Filters are changed weekly and returned to the laboratory for counting. Table 4 summarizes the monthly averages for each site in the network during 1985. Annual averages for each site, and national averages for each month, are also shown. No clear trends are evident in these results.

Precipitation in 1985

Combined wet and dry deposition is collected at 28 sites (see Figure 1) in open cylindrical containers with polyethylene liners. Each month the samples are returned to the laboratory. Quarterly composites are evaporated and counted for gross beta activity. Results for 1985 are given in Table 5. Quarterly values have been summed to give the total annual depositions shown in the last column.

Milk in 1985

Samples of whole milk are collected monthly from 18 farms and dairies at the locations in Figure 1. Quarterly composites are analyzed for strontium-90 by radiochemistry and for cesium-137 by gamma spectroscopy. The results for 1985 are given in Tables 6 and 7. Values have changed little from the previous year.

Fallout Trends from 1958 to 1985

Nationwide average values in air, precipitation, and milk versus year are plotted in Figure 2. The large peak in the early 1960s corresponds to the period of intensive testing of nuclear weapons in the atmosphere. Levels dropped appreciably after the signing of the Limited Test Ban Treaty in 1963. Since then, testing by

non-signatories of the treaty has injected smaller quantities of radioactive debris into the atmosphere. The small peak in air and precipitation data in 1981 resulted from the most recent test at Lop Nor, China, on October 16, 1980[2,3].

By 1985, levels in air and precipitation had fallen to less than 0.2% of the 1962-63 high. Gamma ray analyses of selected air filters showed that less than one percent of the present radioactivity was due to fission products. The remainder was composed primarily of the natural radionuclides berylium-7, potassium-40, and lead-210. Gross beta radioactivity levels in air were thus approaching the values characteristic of the period before atmospheric testing. Concentrations of the long-lived radionuclides strontium-90 and cesium-137 in milk declined more slowly than the gross beta levels in air and precipitation. Since the late 1960s these concentrations have fallen with an effective half life of 5 to 10 years.

RADIOACTIVITY FROM NUCLEAR REACTORS

Environmental radioactivity studies are carried out in the vicinity of 7 nuclear reactor sites in Canada:

- the Whiteshell Nuclear Research Establishment (AECL-WNRE), Pinawa, Manitoba;
- the Bruce Nuclear Power Development, Tiverton, Ontario, with six 750 MW(e) units in service, (four at Bruce A and two at Bruce B), and two 750 MW(e) units under construction (Bruce B);
- the Pickering Nuclear Generating Station, Pickering, Ontario, with five 500 MW(e) units in service (two at Pickering A and three at Pickering B), one unit under construction (Pickering B) and two units undergoing retubing (Pickering A);
- the Nuclear Power Demonstration Reactor, Rolphton, Ontario, 25 MW(e);
- the Chalk River Nuclear Laboratories (AECL-CRNL), Chalk River, Ontario;
- the Gentilly Nuclear Site, Gentilly, Quebec, 600 MW(e);
- Point Lepreau Nuclear Generating Station, Point Lepreau, New Brunswick, 600 MW(e).

Samples of air water vapour, drinking water, and milk are collected at the locations shown in Figures 3 to 8. Dose rate measurements of external gamma radiation are made around Bruce, Pickering, Gentilly and Point Lepreau. Routine monitoring is also carried out for radioactivity in air particulates near the McMaster University Research Reactor, Hamilton, Ontario and in air particulates and sea water during visits of nuclear vessels to Nova Scotia.

Air Water Vapour

Atmospheric water vapour is collected in metallic cells containing molecular sieve. These cells are placed around the Bruce, Pickering, Gentilly and Point Lepreau reactor sites (see Figures 3 to 6). Air is drawn through the cells over a period of a month and deposits atmospheric moisture on the sieve. Subsequently, the cells are heated to desorb the water which is then analyzed for tritium by liquid scintillation counting.

The results for 1985 are given in Table 8. For each monthly sample, the detection limit depends on the volume of air drawn through the cell and the moisture content. To prevent the molecular sieve from becoming saturated, flow rates from May to September inclusive are lower than those for October to April (0.06 $m^3\ d^{-1}$ and 0.2 $m^3\ d^{-1}$, respectively). The detection limits are thus different for the two flow rate periods.

Values in 1985 were roughly comparable to those in 1984. The highest concentrations observed at Bruce was 3.84 Bq m^{-3} in June and at Pickering, 18.2 Bq m^{-3} in July. Results at Gentilly and Point Lepreau were very close to background.

Water

Untreated water is collected daily at drinking water intakes on the Winnipeg River, Lakes Huron and Ontario, the Ottawa River and the St. Lawrence River (Figures 3 to 8). Results of the quarterly analyses for strontium-90 and cesium-137 are given in Tables 9 and 10. Concentrations remained within normal seasonal fluctuations and were due mainly to residual fallout from past testing of nuclear weapons. The highest concentrations measured, 35 mBq L^{-1} for strontium-90, and 9 mBq L^{-1} for cesium-137, were factors of 300 and 5000 respectively below the maximum acceptable concentrations of 10 Bq L^{-1} and 50 Bq L^{-1} recommended for Canadian drinking water(6).

Milk

Weekly samples of raw milk from the vicinity of Whiteshell and Bruce are analyzed for iodine-131, cesium-137 and potassium. Iodine-131 was not detected at either location. Cesium-137 concentrations at the reactor locations (last two lines of Table 7) were of the same order as values obtained in the fallout network. This indicates that fallout is the major contributor to cesium-137 levels in milk at reactor locations.

External Radiation Exposure

The measurements of external gamma radiation dose rates are carried out quarterly at 21 environmental stations and at 20 locations around the four nuclear reactor sites (Bruce, Pickering, Gentilly and Point Lepreau). Measurements are performed quarterly, using CaF_2:Mn bulb TLD's. Figure 1 shows the 21 municipalities in which environmental dose rate measurements are now made. The TLDs are attached to the weather housing of the air sampling equipment which are generally located at or near Environmental Canada weather stations. Figures 3 to 6 show the 20 locations for reactor environs monitoring at Bruce, Pickering, Gentilly and Point Lepreau. At these sites, the TLDs are attached to the housing of the air water vapour collection units.

Average quarterly dose rates for 1985, together with the yearly cumulative doses, are presented in Tables 11 and 12. Occasionally, TLDs are lost in transit or through vandalism while deployed on site. No value is reported in such cases; however, in determining the cumulative value, the average value for the remaining quarters is assumed. The values in Table 11 from the environmental stations give an indication of the range of normal background dose rates across Canada. The values from the reactor environs in Table 12 fall within the same range. This indicates that these doses are attributable to normal background radiation.

McMaster University

Gross beta radioactivity on air filters was normal.

Nuclear Vessels

Six nuclear submarines visited Shearwater, Nova Scotia, during 1985. Gross beta radioactivity was measured on air filters and gross gamma activity on seawater samples collected before, during and after the visits. No activity that could be attributed to a release from the vessels was found.

Nuclear submarines periodically visit CFB Esquimalt or Nanoose Bay, B.C. Sediments and biota from the harbour are monitored for gamma radiation twice yearly by the British Columbia Ministry of Health. Results are forwarded to the Bureau of Radiation and Medical Devices. No activity attributable to submarine visits has been detected.

Emergency Planning

In response to its designation as lead agency of the Federal Nuclear Emergency Response Plan, the Department of National Health and Welfare has established an interim Federal Nuclear Control Centre within its offices at the Bureau of Radiation and Medical Devices. A 24-hour telephone answering service and a paging system has been established. In addition staff participated in an Ontario nuclear emergency exercise.

A paper on the Canadian organization was presented to an IAEA symposium on Nuclear Emergency Preparedness(7).

Nuclear Power Sources in Outer Space

Because of expertise available within the Bureau resulting from our experience with Cosmos 954 and Canada's continuing lead role at the United Nations Committee on the Peaceful Use of Outer Space on matters related to the use of nuclear power sources, the Bureau is consulted by the Department of External Affairs on an annual basis. As a result, papers of a semi-technical nature are prepared in the Bureau to assist the Department of External Affairs in seeking an international concensus on the use of space nuclear power.

While progress toward any formal international agreement continues to be slow, a decision to open discussions on international legal principles indicates hope for greater progress next year.

SUMMARY

The studies carried out during 1985 allow estimates to be made of the individual effective dose equivalent commitments (doses) for some critical radionuclides in ingestion and inhalation pathways affecting many Canadians. These are summarized in Table 13 along with annual exposures to external gamma radiation and estimates of associated risks.

The table gives the range of doses estimated in each program based on the highest and lowest annual average radionuclide concentrations measured. The locations of the maximum doses are also given. Doses from tritium in atmospheric water vapour were calculated assuming continuous annual exposure at the highest monthly concentration measured in the vicinity of the nuclear power reactor sites. Inhalation and skin absorption were included. Canadian food consumption data[8] were used to calculate the intake of milk. ICRP dosimetric models and risk estimates were used for the calculations of doses and risks[9, 10].

As noted in previous reports, natural background radiation is far more significant than contributions from residual fallout from nuclear weapons tests or from nuclear reactor emissions. The dose from external gamma radiation represents approximately 30 percent of the total background to which Canadians are exposed. The remainder is due to cosmogenic and primordial radionuclides -- mainly carbon-14, potassium-40, lead-210 and radon-222 which disintegrate inside the body.

The doses from fission products in water and milk due to fallout radioactivity are an order of magnitude less than those due to natural radionuclides in drinking water. As in previous years, discharges of tritium to the atmosphere were the only measurable routine releases from the nuclear power reactors in Canada. Exposures due to this were well within the ICRP recommended limits.

The risks given in Table 13 were estimated to the nearest power of 10 because of the uncertainties in associating detriment with dose. They represent the probability of contracting fatal cancer over a lifetime. In Canada the total risk over a lifetime is approximately 0.2[11]. The risks in Table 13 are negligible in comparison.

REFERENCES

1. Murdoch, D., and B.L. Tracy, "Dietary Intake of Strontium-90 in Canada: 1947-1984", Statistical Report, Biostatistics and Computer Applications Division, Environmental Health Directorate, 1985.

2. Environmental Health Directorate, "Environmental Radioactivity in Canada, 1980", 83-EHD-90, Department of National Health and Welfare, Ottawa, 1982.

3. Environmental Health Directorate, "Environmental Radioactivity in Canada, 1981", 83-EHD-102, Department of National Health and Welfare, Ottawa, 1983.

4. Environmental Health Directorate, "Environmental Radioactivity in Canada, 1982", 84-EHD-105, Department of National Health and Welfare, Ottawa, 1984.

5. Environmental Health Directorate, "Environmental Radioactivity in Canada, 1983", 84-EHD-112, Department of National Health and Welfare, Ottawa, 1984.

6. Federal-Provincial Working Group on Drinking Water, "Guidelines for Canadian Drinking Water Quality, 1978", Department of National Health and Welfare, Ottawa, 1979.

7. Eaton, R.S., "Planning and Exercise Experience Related to an Off-site Nuclear Emergency in Canada: the Federal Component" IAEA Symposium on Emergency Planning and Preparedness for Nuclear Facilities, Rome, November 4-8 1985 (in Press).

8. Nutrition Canada, Bureau of Nutritional Sciences, "Food Consumption Patterns Report", Health Protection Branch, Health and Welfare Canada, Ottawa, 1976.

9. International Commission on Radiological Protection, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 26, Pergamon Press, Oxford, 1977.

10. International Commission on Radiological Protection, "Limits for Intakes of Radionuclides by Workers", ICRP Publication 30, Pergamon Press, Oxford, 1979.

11. Health and Welfare Canada and Statistics Canada, "Mortality Atlas of Canada, Volume 1: Cancer", Department of National Health and Welfare and the Treasury Board, Ottawa, 1980.

REPORTS AND PRESENTATIONS

1. Létourneau, E.G., "Limitation of Exposure to Natural Radioactivity in Canada", The Science of the Total Environment, 45, 647-656, 1985.

2. McGregor, R.G., W.B. Walker and E.G. Létourneau, "Radon and Radon Daughter Levels in Energy-efficient Housing", The Science of the Total Environment, 45, 271-278, 1985.

3. Létourneau, E.G., "Radon Standard for Canada", Proceedings of the International Specialty Conference, Indoor Air Quality in Cold Climates, Hazards and Abatement Measures, Air Pollution Control Association, Ottawa, Canada, April 29-May 1, 1985 (in Press).

4. Eaton, R.S., "Planning and Exercise Experience Related to an Off-site Nuclear Emergency in Canada: The Federal Component" IAEA International Symposim on Emergency Planning and Preparedness for Nuclear Facilities, Rome, November 4-8, 1985 (in Press).

5. E. Veska and R.S. Eaton, "An Assessment of the Abandoned Rayrock Uranium Mill Tailings in the Northwest Territories", I. Environmental Conditions, II. Radiological Impact," Health Physics, (in Press).

6. Tracy, B.L. and F.A. Prantl, "Radiological Impact from Coal-Fired Power Generation", Journal of Environmental Radioactivity 2, 145-160, 1985.

7. McGregor, R.G., "Radon and Radon Daughter Levels in Energy-efficient Housing", International Specialty Conference, Indoor Air Quality in Cold Climates: Hazards and Abatement Measures, Ottawa, April 29-May 1, 1985.

8. Létourneau, E.G., "Radon Standard for Canada", International Specialty Conference, "Indoor Air Quality in Cold Climates: Hazard and Abatement Measures", Ottawa, April 2-May 1, 1985.

9. Tracy, B.L., D.P. Meyerhof, A.T. Steenkamer, and W.B. Awrey, "The Human Bone Analysis Program at the Radiation Protection Bureau", 6th Annual Conference of the Canadian Radiation Protection Association, Saint John, N.B., June 1985.

10. Meyerhof, D.P., "Revisions to the Guidelines for Canadian Drinking Water Quality - Radiological Characteristics", 17th Annual Meeting Conference of Radiation Control Program Directors, Milwaukee, May 1985.

11. Tracy, B.L., "Uranium Toxicity Studies at Health and Welfare Canada", U.S. Nuclear Regulatory Commission, Public Hearings on Uranium, Washington, D.C., December 1985.

12. Murdoch, D. and B.L. Tracy, "Dietary Intake of Strontium-90 in Canada, 1947-1984", Biostatics and Computer Applications Division, Environmental Health Directorate, 1985.

Table 1. Performance in Laboratory Intercomparisons.

Medium	Analysis	ERHD value*	Known Value**
Air filter	gross α	0.33	0.37±0.32
	gross β	1.48	1.33±0.32
Air filter	gross α	0.44	0.48±0.32
	gross β	1.74	1.63±0.32
Water	gross α	0.23	0.22±0.32
	gross β	0.47	0.56±0.32
Water	gross α	0.32	0.41±0.32
	gross β	0.24	0.30±0.32
Water	gross α	0.30	0.30±0.32
	gross β	0.27	0.30±0.32
Water	gross α	0.64	0.37±0.32
	gross β	0.46	0.48±0.32
Water	tritium	129	132±23
Water	tritium	172	166±23
Water	tritium	74	73±22
Water	tritium	150	141±23
Water	tritium	88	89±22
Water	Sr-89	0.22	0.11±0.32
	Sr-90	1.12	1.11±0.10
Water	Sr-89	1.31	1.44±0.32
	Sr-90	0.57	0.55±0.10
Water	Sr-89	0.71	0.74±0.32
	Sr-90	0.21	0.26±0.10
Water	Ra-226	0.153	0.185±0.048
Water	Ra-226	0.109	0.115±0.033
Water	Ra-226	0.270	0.263±0.067
Water	Cr-51 (gamma)	1.52	1.78±0.32
	Co-60 (gamma)	0.70	0.74±0.32
	Zn-65 (gamma)	2.07	2.04±0.32
	Ru-106 (gamma)	0.81	0.93±0.32
	Cs-134 (gamma)	1.15	1.30±0.32
	Cs-137 (gamma)	0.89	0.93±0.32

Table 1. (cont'd)

Water	Cr-51 (gamma)	1.53	1.63±0.19
	Co-60 (gamma)	0.54	0.52±0.19
	Zn-65 (gamma)	1.80	1.74±0.19
	Ru-106 (gamma)	1.94	2.30±0.19
	Cs-134 (gamma)	1.14	1.30±0.19
	Cs-137 (gamma)	0.72	0.74±0.19
Milk	Sr-89	0.49	0.41±0.32
	Sr-90	0.35	0.41±0.10
	Cs-137 (gamma)	0.46	0.41±0.32
	potassium (gamma)	1610	1525±130
Milk	Sr-89	2.25	1.77±0.32
	Sr-90	0.90	0.96±0.10
	I-131	1.32	1.56±0.38
	Cs-137 (gamma)	1.98	2.07±0.32
	potassium (gamma)	1570	1540±130

* All units are Bq L^{-1} except air filters (Bq per filter) and potassium (mg L^{-1}).

** Control limits are three standard deviations.

Table 2. Radium-226 Levels in Drinking Water 1985

(Millibecquerels per litre)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Avg.
Ontario													
Elliot Lake Treated	17.4	13.6	14.8	23.5	25.6	17.9	22.5	19.5	19.6	15.9	14.9	22.6	19.0
Elliot Lake Untreated	12.3	23.3	13.6	27.4	17.7	23.8	16.0	18.4	21.3	18.1	18.2	19.3	19.1
Ottawa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Port Hope	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5.9	5.5	*	*
Saskatchewan													
Regina	*	*	*	8.8	*	*	*	5.0	*	*	5.4	*	*

* Less than the detection limit of 5 mBq L^{-1}

Table 3. Uranium Levels in Drinking Water 1985

(Micrograms per litre)

	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Avg.
Ontario													
Elliot Lake Treated	0.8	1.5	1.2	0.6	0.6	1.5	1.1	0.2	2.1	1.8	1.3	0.8	1.1
Elliot Lake Untreated	1.2	0.9	0.7	0.7	0.4	1.4	0.6	0.6	1.8	0.9	1.0	1.0	1.5
Ottawa	0.6	*	0.2	*	*	0.5	0.2	0.1	0.4	0.2	*	*	0.2
Port Hope	0.8	*	1.2	*	0.5	0.5	0.7	0.2	1.2	1.0	0.7	0.5	0.6
Saskatchewan													
Regina	4.8	3.9	8.5	8.8	3.8	2.4	4.9	2.4	3.0	6.3	6.4	8.4	5.3

* Less than the detection limit of 0.1 µg/L

Table 4. Gross Beta Activity in the Canadian Air Monitoring Network 1985
(Millibecquerels per cubic metre)

Sampling Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Avg.
Calgary	0.5	0.1	0.2	0.3	0.3	0.7	0.1	0.3	0.2	0.2	0.6	0.3	0.3
Churchill	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	0.1	0.2	0.1	0.2	0.2	0.7	0.6	0.3
Coral Harbour	0.1	0.2	0.8	0.7	0.4	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.5	0.4	0.3
Digby	0.5	0.2	0.5	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.5	0.3	0.4	0.5	0.4
Edmonton	0.7	0.6	0.3	0.4	0.5	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.9	0.5	0.5
Fredericton	0.5	0.2	0.4	0.4	0.5	0.2	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.4
Goose Bay	0.2	0.1	0.3	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.3	0.2
Greenwood	0.4	0.1	0.5	0.3	0.6	0.2	0.3	0.3	0.5	0.4	0.4	0.5	0.4
Halifax	0.4	0.2	0.5	0.4	0.6	0.2	0.3	0.5	0.5	0.4	0.3	0.5	0.4
Hay River	1.0	0.2	0.5	0.7	0.3	0.3	0.3	0.3	0.5	0.5	0.8	1.1	0.5
Inuvik	0.8	0.2	1.0	1.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.4	0.7	1.2	0.6
McMaster	0.8	0.6	0.8	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	1.0	0.8	0.8	1.2	0.9
Montreal	0.5	0.2	0.5	0.5	0.8	0.4	0.5	0.5	0.5	0.4	0.5	0.5	0.5
Moosonee	0.7	0.2	0.6	0.5	0.4	0.2	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.4
Ottawa - Airport	0.5	0.2	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.3	0.4	0.4	0.3
Ottawa - BRMD*	0.4	0.2	0.5	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.6	0.4	0.8	0.4	0.4
Quebec	0.4	0.1	0.4	0.5	0.4	0.3	0.2	0.4	0.4	0.2	0.4	0.3	0.3
Regina	0.6	0.1	0.2	0.3	0.3	0.1	0.2	0.2	0.2	0.3	0.6	0.6	0.3
Resolute	0.5	0.1	0.8	0.9	0.3	0.1	0.2	0.1	0.1	0.3	0.7	0.4	0.4
Saskatoon	1.0	0.3	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.4	0.4	0.2	0.5	0.9	0.4
Sault Ste. Marie	0.0	0.2	0.5	0.6	0.4	0.3	0.3	0.4	0.5	0.4	0.6	0.7	0.4
St. John's	0.2	0.1	0.0	0.0	0.5	0.5	0.3	0.2	0.0	0.1	0.2	0.2	0.3
Thunder Bay	0.7	0.3	0.5	0.7	0.7	0.4	0.5	0.5	0.5	0.7	0.6	0.9	0.6
Toronto	0.6	0.3	0.5	0.6	0.6	0.4	0.5	0.6	0.8	0.5	0.6	0.9	0.6
Vancouver	0.3	0.1	0.1	0.2	0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2
Whitehorse	0.2	0.2	0.3	0.3	0.4	0.1	0.2	0.1	0.1	0.5	1.0	0.4	0.3
Windsor	0.7	0.3	0.6	0.5	0.4	0.4	0.5	0.5	0.4	0.6	0.7	0.5	0.5
Winnipeg	0.4	0.0	0.4	0.5	0.4	0.1	0.2	0.4	0.4	0.4	1.2	0.0	0.4
Yellowknife	0.7	0.2	0.5	0.7	0.4	0.2	0.2	0.2	0.3	0.3	0.7	0.6	0.4
National Average	0.5	0.2	0.4	0.5	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.6	0.5	0.4

*BRMD - Bureau of Radiation and Medical Devices

Table 5. Gross Beta Activity in the Canadian Precipitation Monitoring Network 1985

(Becquerels per square metre)

Station	Total No. of Samples	First Quarter	Second Quarter	Third Quarter	Fourth Quarter	Total Annual Deposition
Calgary	12	20	18	40	14	92
Churchill	12	10	15	76	32	132
Coral Harbour	12	15	17	69	15	116
Digby	9	17	—	29	14	79
Edmonton	12	14	21	97	69	201
Fredericton	12	21	39	75	20	156
Goose Bay	12	13	25	51	59	148
Greenwood	12	26	36	38	22	121
Halifax	12	24	35	80	23	163
Hay River	12	10	47	79	32	169
Inuvik	12	10	17	34	14	76
Montreal	12	18	55	60	18	151
Moosonee	12	11	37	73	11	132
Ottawa - Airport	12	16	25	66	47	154
Ottawa - BRMD*	12	16	58	51	61	186
Quebec	12	22	54	105	35	216
Regina	12	20	28	71	20	140
Resolute	12	6	24	22	22	73
Saskatoon	12	13	29	56	19	117
Sault Ste. Marie	12	19	54	76	35	184
St. John's	12	16	29	31	32	107
Thunder Bay	12	22	132	89	94	337
Toronto	12	32	50	69	51	201
Vancouver	12	19	21	35	25	100
Whitehorse	12	14	72	52	41	181
Windsor	12	21	38	76	25	161
Winnipeg	12	24	50	119	17	210
Yellowknife	12	13	25	41	22	101
National Average						145

*BRMD - Bureau of Radiation and Medical Devices, Ottawa.
- No Sample

Table 6. Strontium-90 in the Canadian Milk Monitoring Network 1985

(Millibecquerels per litre)

Station	Annual Average
Calgary	41
Edmonton	55
Halifax	97
Moncton	129
Montreal	66
Ottawa	81
Quebec	53
Regina	84
Saskatoon	57
Sault Ste. Marie	98
St. John's	112
Sussex	79
Thunder Bay	125
Toronto	32
Truro	83
Vancouver	82
Windsor	38
Winnipeg	60
National Average	76

Table 7. Cesium-137 in the Canadian Milk Monitoring Network 1985

(Millibecquerels per litre)

Station	First Quarter	Second Quarter	Third Quarter	Fourth Quarter	Annual Average
Calgary	27	50	62	*	41
Edmonton	68	86	118	97	92
Halifax	32	42	*	84	46
Moncton	44	61	60	56	55
Montreal	79	*	*	132	65
Ottawa	42	*	117	65	62
Quebec	*	42	*	35	32
Regina	*	54	31	*	34
Saskatoon	*	59	*	*	34
Sault Ste. Marie	111	72	172	164	130
St. John's	71	86	178	60	99
Sussex	44	*	*	39	33
Thunder Bay	73	67	62	89	73
Toronto	*	*	*	*	*
Truro	30	54	*	28	34
Vancouver	*	86	65	45	55
Windsor	*	*	55	*	33
Winnipeg	53	118	—	59	77
Bruce	*	40	41	30	34
Whiteshell	53	70	31	45	50
National Avg.	45	56	61	58	55

* Less than the limit of 25 mBq L^{-1}.
- No Sample

Table 8. Off-site Monitoring of Nuclear Reactor Environs --
Tritium in Water Vapour 1985

(Becquerels per cubic metre air)

Station	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Avg.
BRUCE													
2 - 3.5 km ESE	2.07	0.88	0.07	2.16	1.15	1.07	1.60	1.19	1.08	3.08	1.15	3.04	1.55
3 - 4.0 km S	1.46	0.37	0.31	0.52	1.46	3.84	1.35	1.03	0.94	0.93	1.03	0.88	1.18
4 - 8.0 km SE	0.12	0.38	0.09	0.27	0.43	0.40	0.43	0.45	0.36	0.40	0.18	1.05	0.38
5 - 8.0 km ESE	0.48	0.53	0.06	0.32	0.42	0.39	0.89	0.67	0.14	1.47	0.30	0.91	0.55
6 - 40.0 km SE	*	*	*	*	0.15	0.18	0.11	0.17	*	0.22	0.12	0.23	0.12
PICKERING													
1 - 1.0 km NNW	2.15	2.93	2.03	0.79	1.48	4.24	3.06	4.22	3.05	1.85	2.46	0.80	2.42
2 - 1.5 km NW	0.89	1.55	1.64	0.77	1.88	1.33	3.35	3.27	1.91	1.25	0.91	1.69	1.70
3 - 2.0 km NNW	0.98	1.03	2.39	0.83	1.15	6.30	3.46	1.79	1.36	1.57	1.59	0.61	1.92
4 - 1.5 km NE	0.39	0.64	3.70	4.19	2.88	5.73	7.15	0.45	2.41	1.99	1.27	1.47	2.69
5 - 1.0 km E	2.48	4.41	4.15	4.57	3.99	1.74	18.2	4.26	0.53	7.05	2.76	6.94	5.09
7 - 33.0 km SW	0.06	*	0.29	0.05	*	0.21	*	*	0.13	0.17	0.14	0.06	0.12
GENTILLY													
1 - 11.5 km NNE	0.04	0.07	0.09	0.08	*	0.19	*	0.18	*	*	0.56	0.44	0.17
2 - 6.5 km NNE	*	*	0.05	*	*	*	*	*	*	*	0.31	0.07	0.09
3 - 5.0 km NNW	*	*	0.05	0.05	*	0.14	*	*	*	*	*	0.12	0.08
4 - 7.0 km SW	0.06	*	0.05	0.05	*	*	*	*	*	*	0.19	0.17	0.09
5 - 6.5 km ENE	*	*	0.11	0.04	*	0.12	*	*	*	*	0.12	0.38	0.11
6 - 12.5 km NE	0.07	*	*	0.14	*	0.13	*	*	*	*	0.37	0.09	0.11
POINT LEPREAU													
1 - 2.6 km NNW	0.07	*	0.11	0.16	*	*	*	*	*	*	0.43	0.24	0.13
2 - 4.8 km NNE	*	*	0.24	0.23	*	0.39	*	0.12	0.14	0.05	*	0.34	0.15
3 - 9.7 km NW	*	*	*	0.04	*	*	*	*	*	0.05	*	0.13	0.07
4 - 19.3 km NNE	*	*	*	0.06	*	*	0.11	*	*	*	*	0.07	0.07
5 - 29.0 km NE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0.07
6 - 131.0 km N	*	*	0.27	0.05	*	0.13	*	*	*	0.26	*	*	0.11
7 - 97.0 km SE	0.04	*	0.22	*	*	*	*	*	*	*	0.09	0.08	0.09
8 - 105.0 km ESE	0.07	*	*	*	*	0.13	*	*	*	*	*	0.48	0.11

* Less than detection limit of : 0.1 Bq m^{-3} May - Sep.
: 0.04 Bq m^{-3} Oct.- Apr.

Table 9. Off-site Monitoring of Nuclear Reactor Environs--
Strontium-90 in Untreated Water 1985

(Millibecquerels per litre)

Station	First Quarter	Second Quarter	Third Quarter	Fourth Quarter	Annual Average
Winnipeg River					
1) Pinawa	21	3	18	22	16
2) Lac du Bonnet	*	1	2	*	*
3) Great Falls	23	25	19	18	21
Lake Huron					
1) Port Elgin	12	35	16	*	16
2) Kincardine	*	5	*	14	5
Lake Ontario					
1) Toronto	16	*	*	*	4
2) Oshawa	13	17	*	2	8
Ottawa River					
1) Rolphton	18	17	13	20	17
2) Deep River	14	13	12	13	13
3) Petawawa	12	3	9	2	6
4) Pembroke	13	12	10	9	11
5) Ottawa	12	8	16	16	13
St. Lawrence River					
1) Becancour	11	15	*	7	9
2) Grondines	*	*	3	2	1
3) St. Romuald	22	*	12	13	12

* Less than the detection limit of 1 mBq L^{-1}

Table 10. Off-site Monitoring of Nuclear Reactor Environs--
Cesium-137 in Untreated Water 1985

(Millibecquerels per litre)

Station	First Quarter	Second Quarter	Third Quarter	Fourth Quarter	Annual Average
Winnipeg River					
1) Pinawa	*	*	*	2	*
2) Lac du Bonnet	*	*	*	*	*
3) Great Falls	*	3	3	2	2
Lake Huron					
1) Port Elgin	*	*	2	2	*
2) Kincardine	*	*	*	2	*
Lake Ontario					
1) Toronto	*	*	*	*	*
2) Oshawa	*	1	*	*	*
Ottawa River					
1) Rolphton	*	*	2	*	*
2) Deep River	*	5	4	4	3
3) Petawawa	*	*	8	7	4
4) Pembroke	*	*	6	4	3
5) Ottawa	*	6	9	4	5
St. Lawrence River					
1) Becancour	*	3	*	2	1
2) Grondines	*	*	*	*	*
3) St. Romuald	*	*	*	3	*

* Less than the detection limit of 1 mBq L^{-1}

Table 11. External Radiation Dose Measurements
At Environmental Stations 1985

Station	Dose Rate ($\mu Gy\ hr^{-1}$)				Cumulative Dose (mGy)
	First Quarter	Second Quarter	Third Quarter	Fourth Quarter	
Calgary	0.06±0.02	0.06±0.02	0.07±0.01	0.06±0.02	0.54±0.07
Churchill	0.07±0.02	0.06±0.02	0.06±0.01	0.06±0.01	0.54±0.06
Digby	0.06±0.02	0.06±0.01	0.07±0.01	0.06±0.02	0.54±0.06
Edmonton	0.07±0.02	0.07±0.02	0.07±0.02	0.06±0.02	0.58±0.08
Fredericton	0.08±0.02	0.09±0.02	0.09±0.02	0.07±0.02	0.73±0.08
Greenwood	0.06±0.02	0.04±0.02	0.08±0.02	0.07±0.02	0.55±0.08
Halifax	0.05±0.02	0.07±0.02	0.07±0.02	0.07±0.01	0.56±0.07
Inuvik	0.06±0.02	0.05±0.02	0.09±0.02	0.05±0.02	0.55±0.08
Montreal	0.06±0.02	0.05±0.01	0.07±0.02	0.06±0.02	0.52±0.07
Ottawa	0.07±0.01	0.08±0.02	0.09±0.01	0.08±0.02	0.71±0.06
Quebec	0.06±0.02	0.05±0.01	0.08±0.02	0.07±0.02	0.57±0.07
Regina	0.08±0.01	0.09±0.02	0.09±0.02	0.08±0.01	0.78±0.07
Saskatoon	0.06±0.01	0.08±0.02	0.08±0.02	0.08±0.01	0.67±0.06
St. John's	0.08±0.02	0.08±0.02	0.09±0.02	0.09±0.02	0.76±0.08
Thunder Bay	0.06±0.02	0.04±0.02	0.08±0.01	0.06±0.01	0.53±0.06
Toronto	0.06±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02	0.07±0.02	0.54±0.08
Vancouver	0.08±0.02	0.08±0.02	0.08±0.02	0.07±0.02	0.69±0.08
Whitehorse	0.10±0.02	0.09±0.02	0.10±0.01	0.08±0.02	0.82±0.07
Windsor	0.06±0.02	0.10±0.02	0.08±0.02	0.07±0.01	0.68±0.07
Winnipeg	0.06±0.01	0.08±0.02	0.09±0.01	0.09±0.02	0.71±0.06
Yellowknife	0.07±0.02	0.07±0.02	0.09±0.01	0.09±0.01	0.70±0.06

Table 12. External Radiation Dose Measurements in the Vicinity of Nuclear Reactors 1985

Station	Dose Rate (μGy hr^{-1})				Cumulative Dose (mGy yr^{-1})
	First Quarter	Second Quarter	Third Quarter	Fourth Quarter	
BRUCE					
2	0.06±0.02	0.08±0.02	0.07±0.02	0.07±0.02	0.61±0.08
3	0.06±0.01	0.04±0.01	0.05±0.01	0.05±0.02	0.44±0.05
4	0.08±0.01	0.06±0.02	0.08±0.02	0.05±0.02	0.60±0.07
5	0.08±0.01	0.09±0.02	0.07±0.01	0.07±0.02	0.68±0.06
6	0.11±0.02	0.08±0.02	0.10±0.01	0.08±0.02	0.82±0.07
PICKERING					
2	0.07±0.02	0.07±0.02	0.07±0.02	0.06±0.01	0.58±0.08
3	0.06±0.01	0.07±0.01	0.04±0.01	0.08±0.02	0.54±0.05
4	0.08±0.02	0.09±0.02	0.09±0.01	0.08±0.02	0.76±0.07
5	0.05±0.01	0.06±0.02	0.06±0.01	0.06±0.02	0.50±0.07
7	0.06±0.02	0.06±0.02	0.06±0.02	0.07±0.02	0.54±0.08
GENTILLY					
1	0.10±0.02	0.06±0.01	0.07±0.02	0.05±0.02	0.61±0.07
4	0.06±0.02	0.04±0.02	0.06±0.01	0.05±0.02	0.46±0.07
POINT LEPREAU					
1	0.08±0.02	0.08±0.01	0.09±0.02	0.06±0.02	0.69±0.07
2	0.07±0.02	0.08±0.01	0.06±0.01	0.07±0.02	0.61±0.06
3	0.06±0.02	0.06±0.01	0.08±0.02	0.07±0.02	0.59±0.07
4	0.07±0.01	0.06±0.01	0.08±0.02	0.07±0.02	0.60±0.06
5	0.10±0.01	0.11±0.01	0.12±0.02	0.10±0.02	0.94±0.06
6	0.08±0.02	0.09±0.02	0.09±0.02	0.07±0.02	0.73±0.08
7	0.06±0.02	0.06±0.01	0.07±0.01	0.06±0.02	0.54±0.06
8	0.06±0.02	0.04±0.02	0.08±0.02	0.07±0.02	0.55±0.08

Table 13. Summary of Doses and Implied Risks Determined through the Environmental Radioactivity Monitoring Program during 1985.

Exposure Mode	Dose Range (μSv)	Location of Maximum	Implied Risk
External Radiation	520 - 820	Whitehorse	10^{-5}
Natural Radioactivity in Drinking Water (^{226}Ra, U)	1 - 10	Elliot Lake, Regina	10^{-7}
Fission Products in Drinking Water (^{90}Sr, ^{137}Cs)	0.2 - 1	Winnipeg River	10^{-8}
Fission Products in Milk (^{90}Sr, ^{137}Cs)	0.2 - 1	Moncton	10^{-8}
Tritium in Atmospheric Water Vapour	0.01 - 3	Pickering	10^{-8}

KEY TO FIGURE 1

Sampling Station	Drinking Water	Air	Precipitation	Milk	TLD
Calgary	-	x [1]	x	x	x
Churchill	-	x	x	-	x
Coral Harbour	-	x	x	-	-
Digby	-	x	x	-	x
Edmonton	-	x	x	x	x
Elliot Lake	x	-	-	-	-
Fredericton	-	x	x	-	x
Goose Bay	-	x	x	-	-
Greenwood	-	x	x	-	x
Halifax	-	x	x	x	x
Hay River	-	x	x	-	-
Inuvik	-	x	x	-	x
McMaster	-	x	-	-	-
Moncton	-	-	-	x	-
Montreal	-	x	x	x	x
Moosonee	-	x	x	-	-
Ottawa	x	x	x	x	x
Port Hope	x	-	-	-	-
Quebec	-	x	x	x	x
Regina	x	x	x	x	x
Resolute	-	x	x	-	-
Saskatoon	-	x	x	x	x
Sault Ste. Marie	-	x	x	x	-
St. John's	-	x	x	x	x
Sussex	-	-	-	x	-
Thunder Bay	-	x	x	x	x
Toronto	-	x	x	x	x
Truro	-	-	-	x	-
Vancouver	-	x	x	x	x
Whitehorse	-	x	x	-	x
Windsor	-	x	x	x	x
Winnipeg	-	x	x	x	x
Yellowknife	-	x	x	-	x

"x" indicates that a given type of sampling is carried out at a given station.

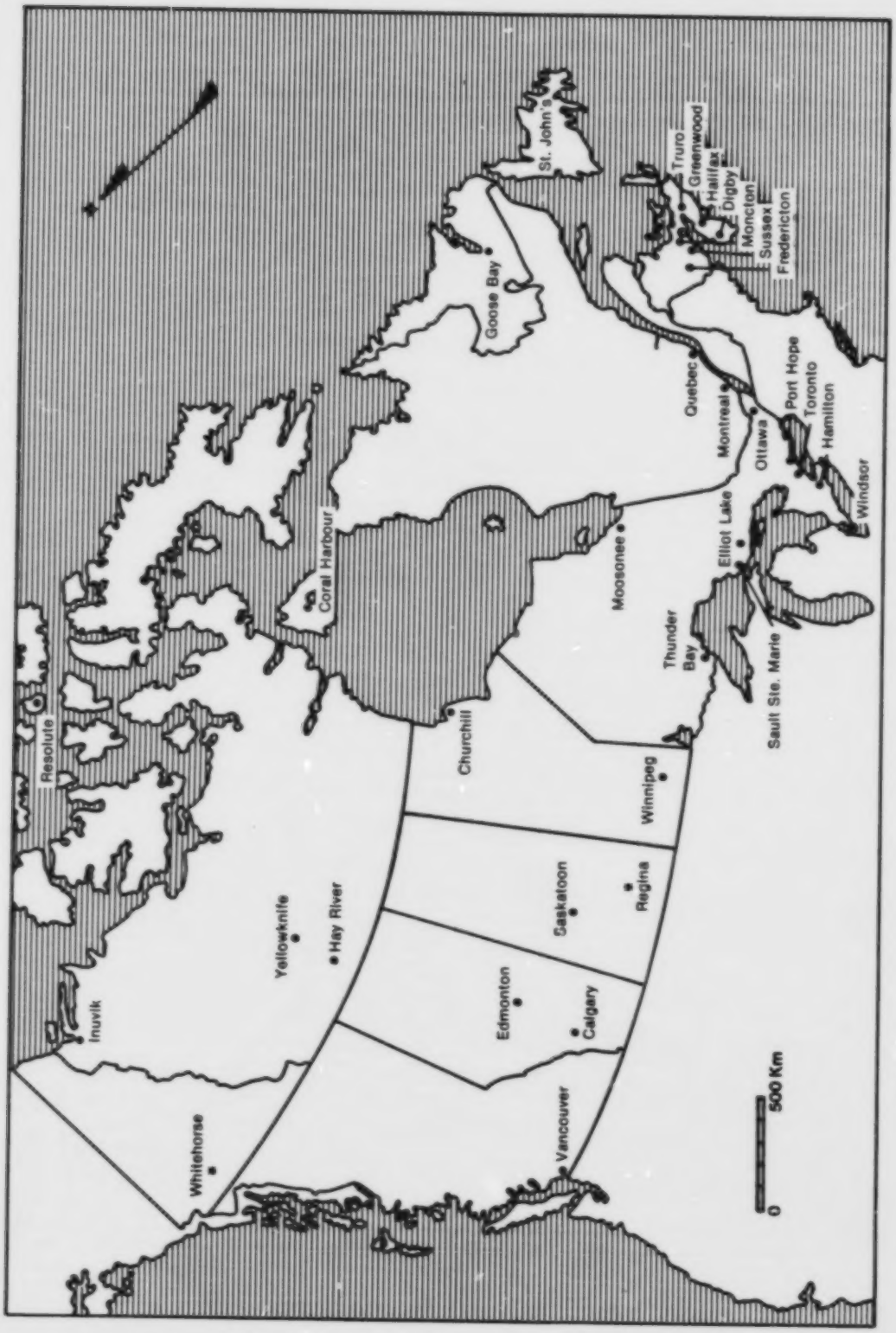


Figure 1. Canadian Sampling Station Network

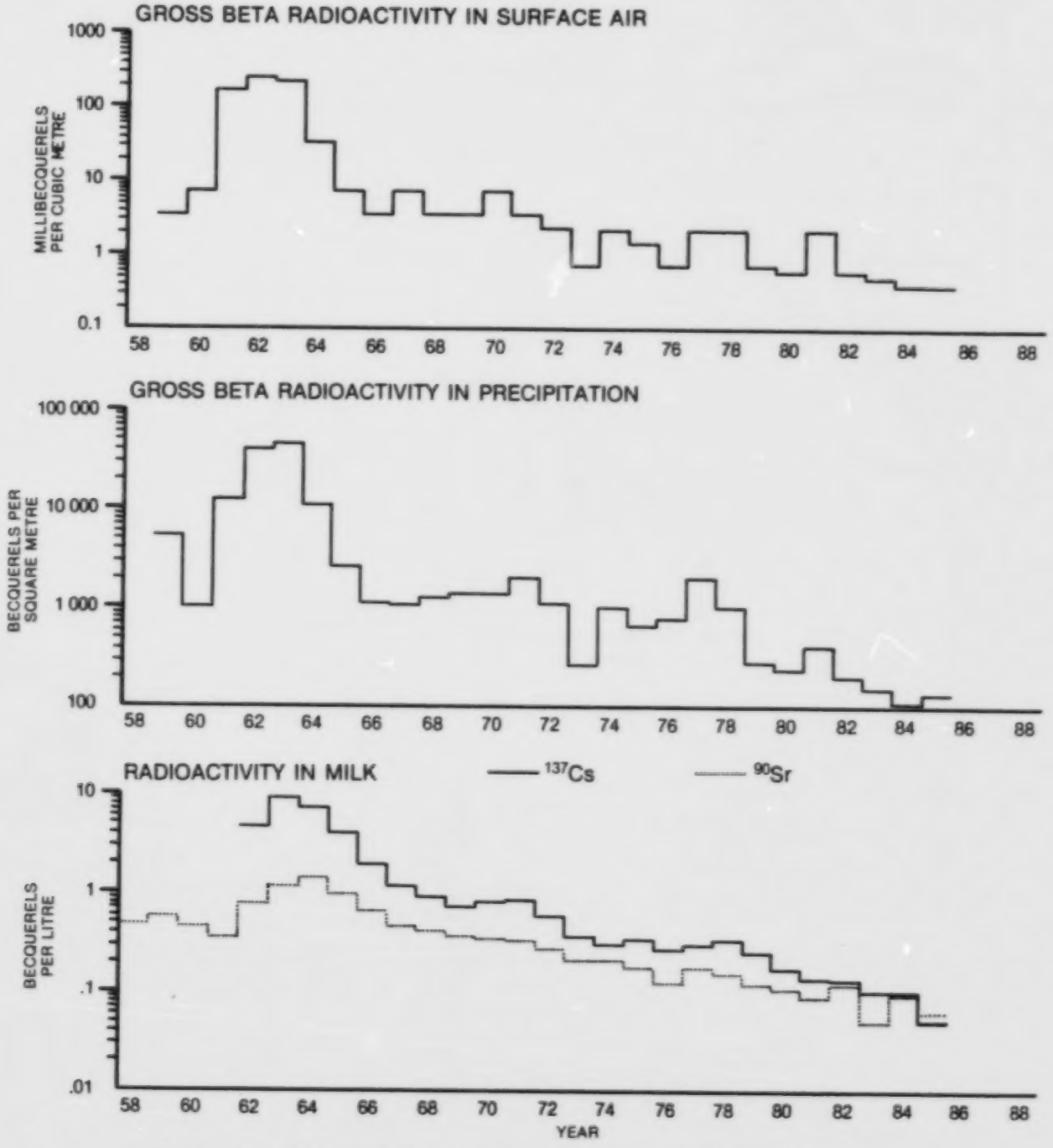


Figure 2. Fallout Trends, National Averages, 1958-1985

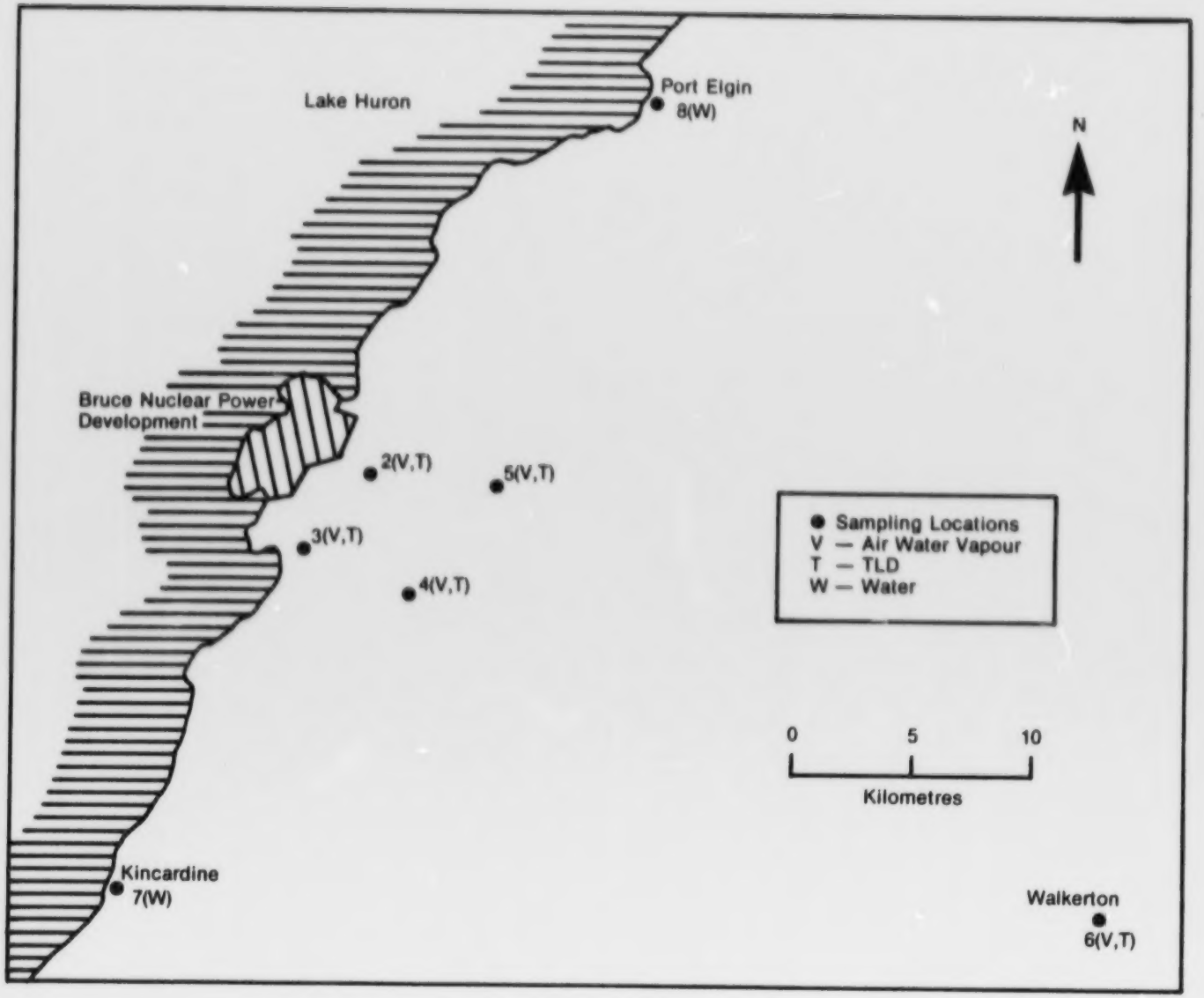


Figure 3. Sampling Locations in the Vicinity of the Bruce Nuclear Power Development

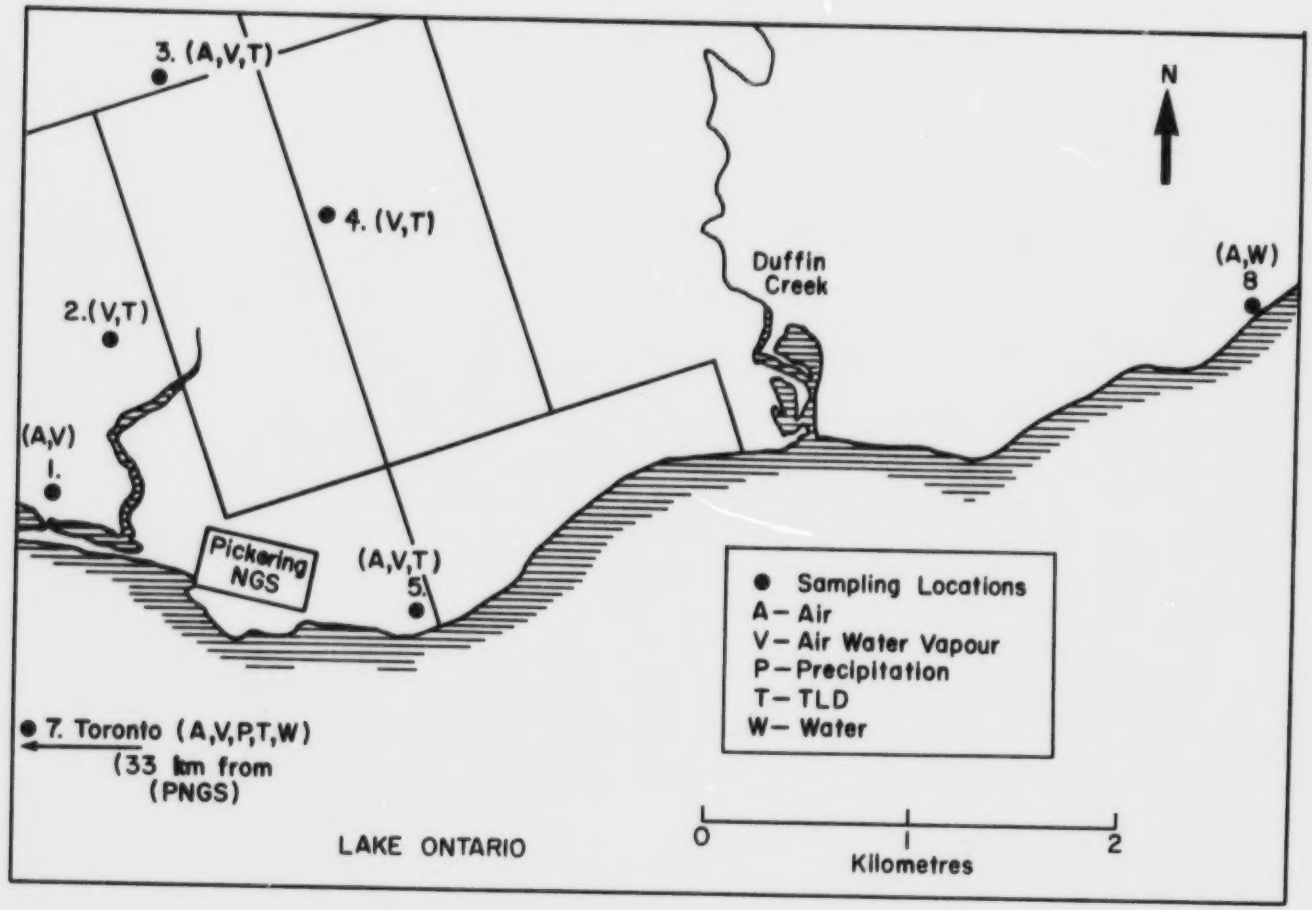


Figure 4. Sampling Locations in the Vicinity of the Pickering Nuclear Generating Station.

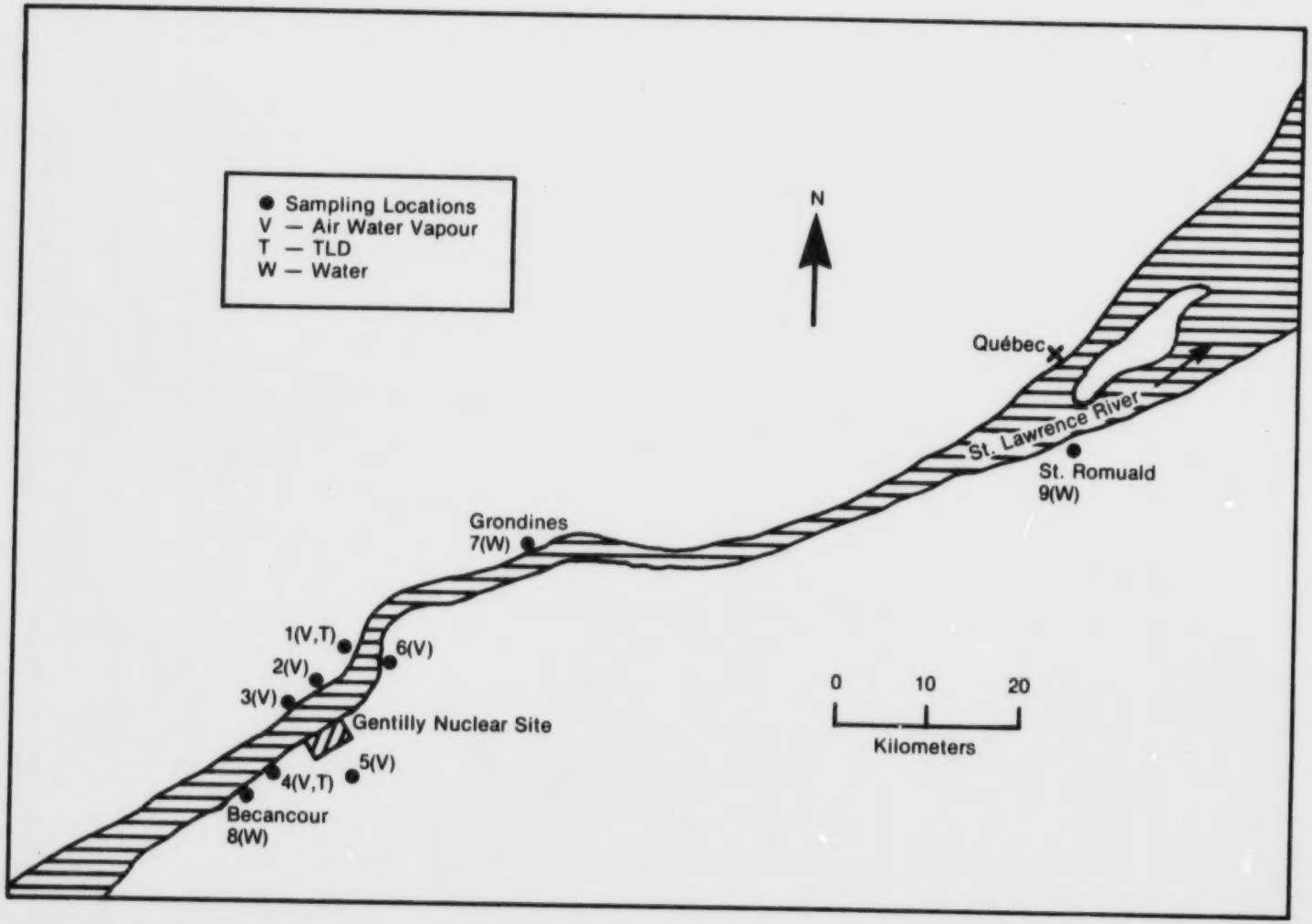


Figure 5. Sampling Locations in the Vicinity of the Gentilly Nuclear Site

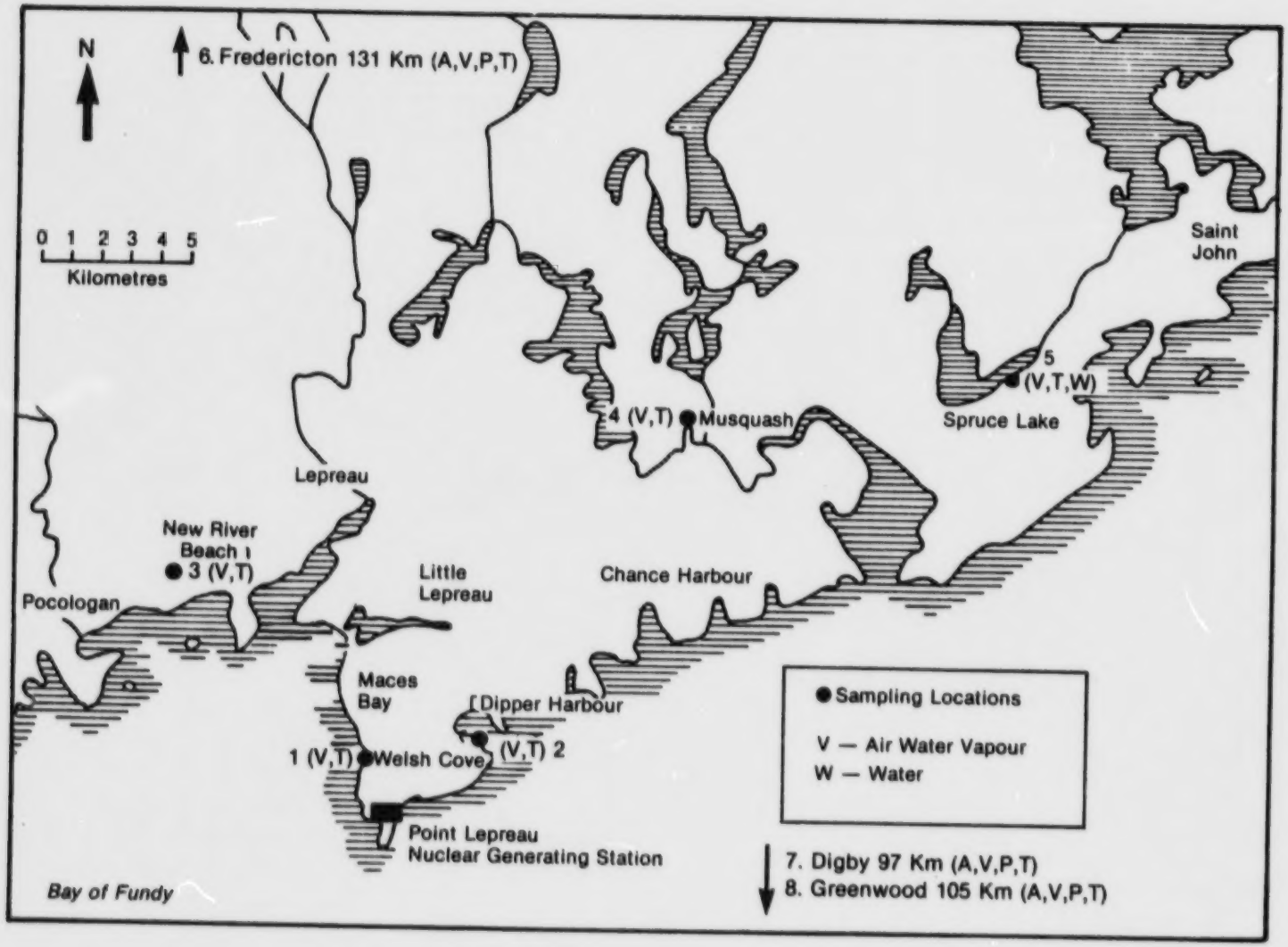


Figure 6. Sampling Locations in the Vicinity of the Point Lepreau Nuclear Generating Station

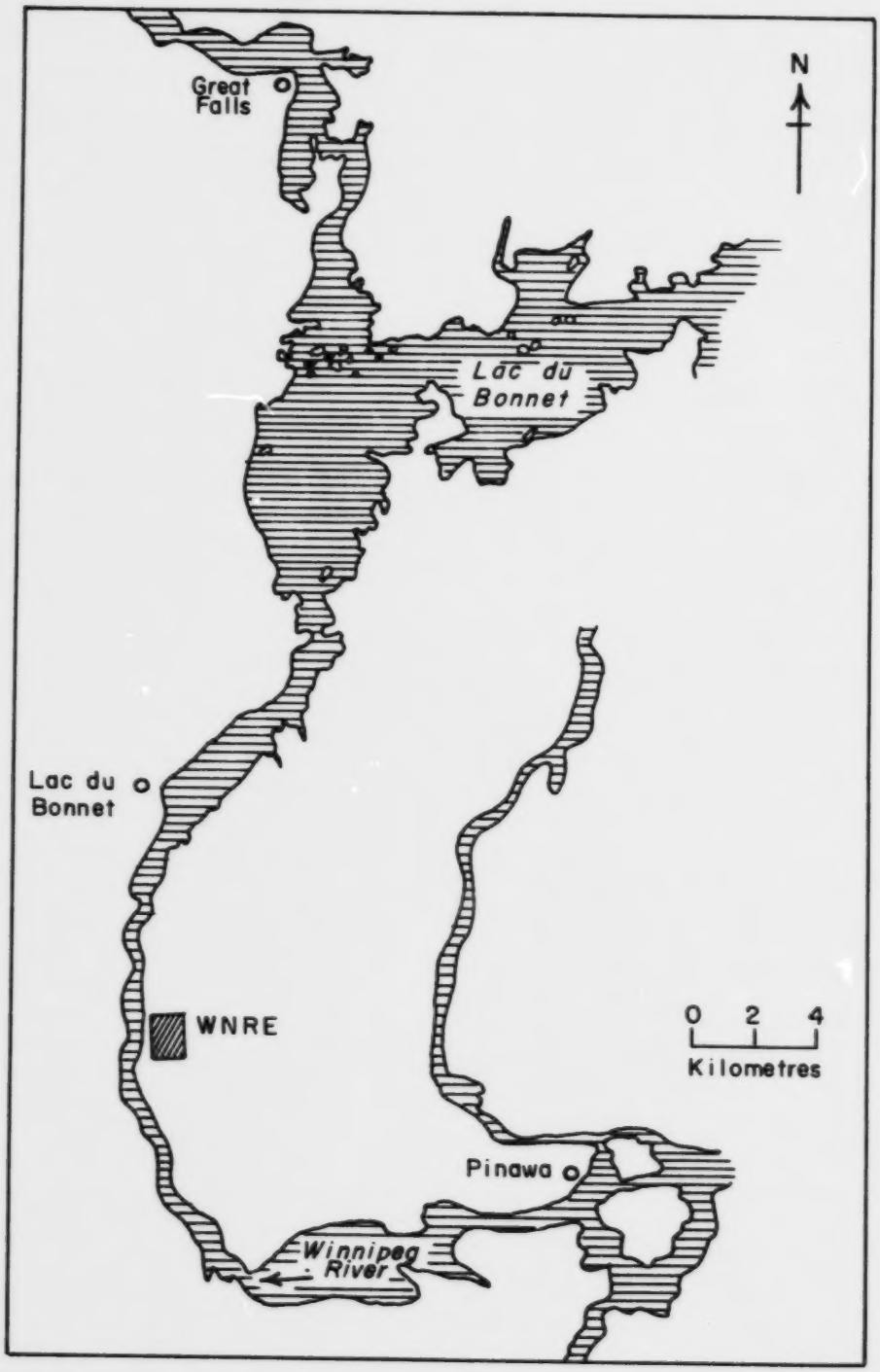


Figure 7. Sampling Locations on the Winnipeg River- Drinking Water

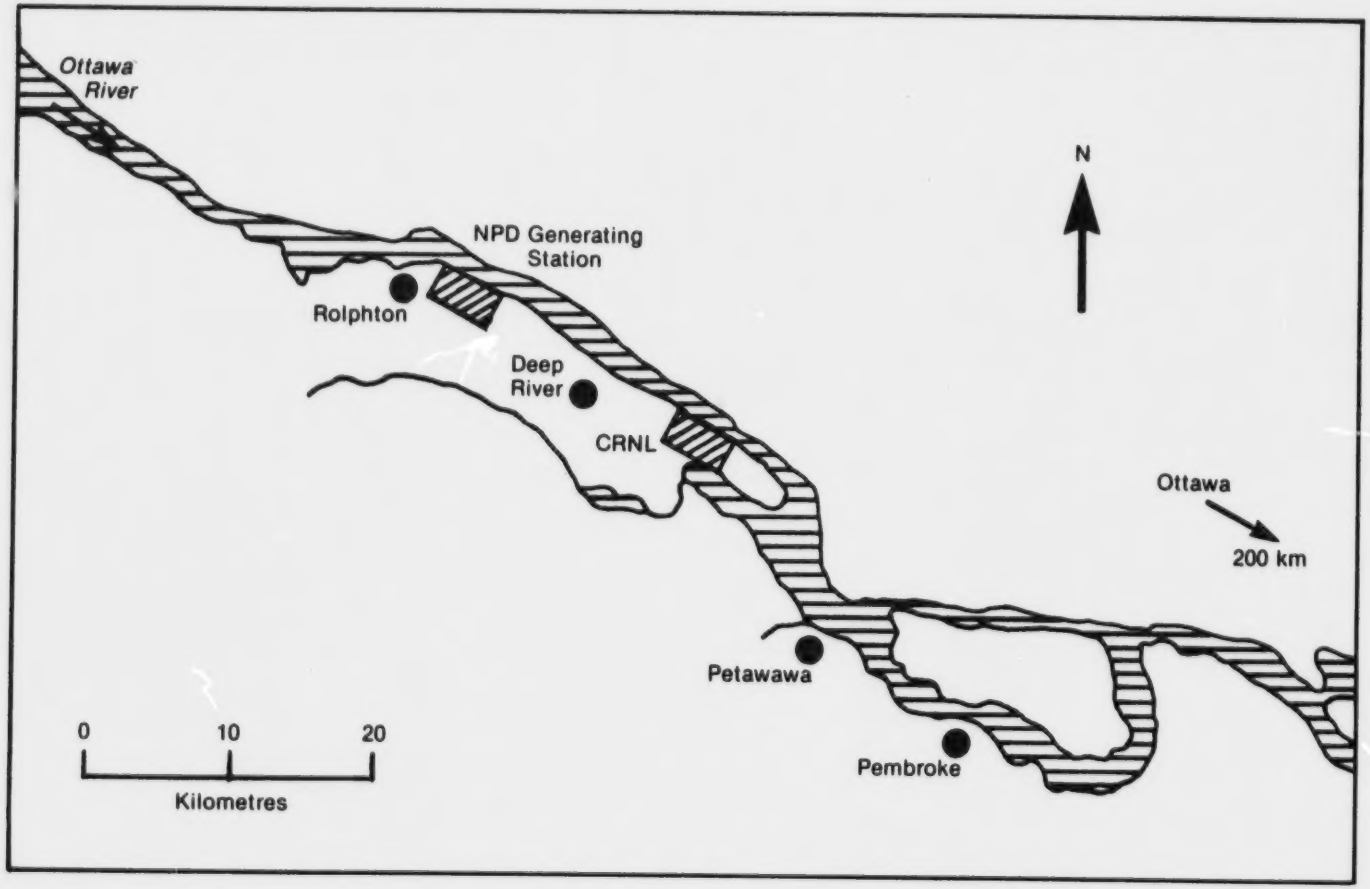


Figure 8. Sampling Locations on the Ottawa River - Drinking Water

Santé et Bien-être social Canada
Health and Welfare Canada

La radioactivité ambiante au Canada — 1985

87-DHM-132

Canada

SURVEILLANCE RADIOLOGIQUE RAPPORT ANNUEL

LA RADIOACTIVITÉ AMBIANTE AU CANADA
1985

Direction de l'hygiène du milieu
Direction générale de la protection de la santé

Publication autorisée par le
ministre de la Santé nationale et du Bien-être social

87-DHM-132

ON PEUT SE PROCURER DES EXEMPLAIRES DE CE RAPPORT À LA

Direction des communications
Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social
5e étage
Immeuble Brooke-Claxton
Ottawa K1A 0K9

Also available in English under the title
"Environmental Radioactivity in Canada 1985"

©Ministre des Approvisionnements et Services Canada 1987
N° de cat. H46-2/87-132F
ISBN 0-662-94350-3

REMERCIEMENTS

Le présent rapport décrit les mesures et autres travaux effectués en 1985 par la Division des dangers des rayonnements du milieu, du Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux. Le rapport a été préparé par R.S. Eaton, R.G. McGregor, J.M. Quinn et B.L. Tracy. Les analyses radiochimiques ont été faites par W.G. Awrey, R. Brown, L.C. Burns, P.E. Cobbold, B. Hauck, R.N. Hull, W. Hunt, M.A. Iamello, J.M. Lahey, A.Y. Lin, A.T. Steenkamer et W.B. Walker. L'ensemble des activités a été supervisé par D. Meyerhof, chef de la Division des dangers des rayonnements du milieu. Nous remercions E.G. Létourneau, directeur du Bureau de la radioprotection, de son appui au programme.

Nous tenons à remercier les ministères de l'Environnement, de l'Agriculture et de la Défense nationale, ainsi que les ministères provinciaux, les municipalités et les personnes concernés, de leur collaboration à la collecte des échantillons.

SOMMAIRE

Le programme de surveillance radiologique du ministère de la Santé nationale et du Bien-être social a pour but de mesurer les taux de la radioactivité ambiante au Canada et d'évaluer les doses de rayonnement auxquelles la population est conséquemment exposée. Au cours de l'année 1985, des études spéciales ont été effectuées sur le métabolisme des radionucléides et sur l'accumulation du radon dans les maisons isolées efficacement pour conserver l'énergie. Les doses engagées prévues ont été évaluées relativement à la radioactivité naturelle permanente, aux retombées et aux études entreprises sur les réacteurs. Les résultats de toutes les mesures effectuées au cours de 1985 se situent en-deçà des limites recommandées par la Commission internationale de protection radiologique.

Le présent rapport a été préparé sous forme de résumé des travaux en cours; il publie les résultats des programmes actuels sous un format qui, nous l'espérons, se révélera commode pour le lecteur. Les commentaires, suggestions et questions sur la présente publication seront reçus avec plaisir. Nous remercions les personnes qui ont trouvé le temps de communiquer avec la Division, et nous invitons toutes celles qui désirent nous faire part de leurs idées à écrire à l'adresse suivante:

Division des dangers des rayonnements du milieu
Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux
Ministère de la Santé nationale et du Bien-être social
775, chemin Brookfield
Ottawa (Ontario)
K1A 1C1

TABLE DES MATIÈRES

	Page
INTRODUCTION	1
PROJETS DE RECHERCHE	2
Étude des os humains	2
Modèles des voies d'exposition dans l'environnement	3
Étude de la toxicité de l'uranium	3
Élaboration des méthodes et instruments	4
RADIOACTIVITÉ NATURELLE	5
Eau potable	5
Étude du radon	6
RADIOACTIVITÉ PROVENANT DES RETOMBÉES	8
Air de surface en 1985	8
Précipitations atmosphériques en 1985	8
Lait en 1985	8
Tendances des retombées de 1958 à 1985	9
RADIOACTIVITÉ PROVENANT DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES	10
Vapeur d'eau dans l'air	10
Eau	11
Lait	11
Exposition au rayonnement externe	12
Université McMaster	12
Navires à propulsion nucléaire	12
Planification d'urgence	13
Sources d'énergie nucléaire dans l'espace	13
RÉSUMÉ	14
RÉFÉRENCES	16
RAPPORTS ET PRÉSENTATIONS	17
TABLEAUX	18
FIGURES	33

LISTE DES TABLEAUX

		Page
1.	Résultats des études comparatives inter-laboratoires	18
2.	Concentrations de radium-226 dans l'eau potable - 1985	20
3.	Concentrations d'uranium dans l'eau potable - 1985	21
4.	Radioactivité bêta globale dans le réseau canadien de surveillance de l'air - 1985	22
5.	Radioactivité bêta globale dans le réseau canadien de surveillance des précipitations atmosphériques - 1985	23
6.	Taux de strontium-90 dans le réseau canadien de surveillance du lait - 1985	24
7.	Taux de césium-137 dans le réseau canadien de surveillance du lait - 1985	25
8.	Taux de tritium dans la vapeur d'eau de l'air à proximité des centrales nucléaires - 1985	26
9.	Taux de strontium-90 dans l'eau non traitée à proximité des centrales nucléaires - 1985	27
10.	Taux de césium-137 dans l'eau non traitée à proximité des centrales nucléaires - 1985	28
11.	Débits de doses de rayonnement externe aux stations environnementales - 1985	29
12.	Débits de doses de rayonnement externe à proximité des centrales nucléaires - 1985	30
13.	Résumé des doses et des risques présumés déterminés au moyen du programme de surveillance de la radioactivité du milieu au cours de l'année 1985	31

LISTE DES FIGURES

		Page
Clefs pour la Figure 1	.....	32
1. Réseau canadien des stations d'échantillonnage	.....	33
2. Tendances des retombées, moyennes nationales - 1958-1985	.....	34
3. Stations d'échantillonnage à proximité du complexe nucléaire de Bruce	.....	35
4. Stations d'échantillonnage à proximité de la centrale nucléaire de Pickering	.....	36
5. Stations d'échantillonnage à proximité de la centrale nucléaire de Gentilly	.....	37
6. Stations d'échantillonnage à proximité de la centrale nucléaire de Pointe Lepreau	.....	38
7. Stations d'échantillonnage sur la rivière Winnipeg: eau potable	.....	39
8. Stations d'échantillonnage sur la rivière des Outaouais: eau potable	.....	40

INTRODUCTION

La Division des dangers des rayonnements du milieu, du Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux, étudie les effets que peuvent avoir sur la santé de la population canadienne les sources naturelles de la radioactivité ambiante, de même que celles qui sont imputables à l'activité humaine. Cette étude comprend l'évaluation des doses de rayonnements terrestres et cosmiques auxquelles la population est exposée, et les dangers que peuvent présenter pour la santé l'inhalation ou l'ingestion des particules radioactives présentes dans l'air, dans l'eau potable et dans les aliments. L'exploitation d'un réseau national de stations d'échantillonnage et la conduite d'enquêtes spéciales permettent de recueillir les données requises. Celles-ci portent sur l'air, les précipitations atmosphériques, la vapeur d'eau dans l'air, l'eau potable et le lait.

Voici un résumé des études effectuées en 1985.

- Mesures supplémentaires des concentrations de plomb-210 et de plomb stable dans les os humains.
- Informatisation de toutes les données antérieures du programme d'échantillonnage des os humains.
- Essai d'un modèle informatique de dispersion sur les distributions de tritium à proximité de la centrale nucléaire de Pickering.
- Poursuite du programme national ayant pour objet l'étude du radium-226 et de l'uranium dans les réseaux d'approvisionnement en eau potable.
- Poursuite des études sur le radon dans l'air ambiant à l'intérieur des édifices et des habitations.
- Poursuite de l'étude nationale sur les retombées radioactives des essais d'armes nucléaires et sur les répercussions possibles, sur la santé du public, de la radioactivité émise par les centrales nucléaires au Canada.

D'importantes rénovations et l'installation d'équipement dans les laboratoires pendant l'année en cours ont touché l'étude de la toxicité de l'uranium.

Dans le présent rapport, les résultats pour 1985 sont présentés sous forme de tableaux. L'évolution des retombées de 1958 à 1985 est illustrée par des graphiques. Les résultats apparaissent en unités SI. Les mesures de la radioactivité sont exprimées en becquerels (Bq). Un becquerel équivaut à 27 picocuries. Les doses absorbées sont indiquées en grays (Gy), un gray étant égal à 100 rads. Les équivalents de dose sont exprimés en sieverts (Sv), un sievert étant égal à 100 rems.

PROJETS DE RECHERCHE

Études des os humains

Depuis 1958, le Bureau de la radioprotection a recueilli plus de 5000 échantillons de vertèbres dans les hôpitaux de toutes les régions du Canada, dans le cadre du programme sur les retombées de strontium-90. Les spécimens osseux ainsi conservés fournissent une occasion unique de mesurer les concentrations d'autres radionucléides à longue durée de vie et de métaux toxiques auxquels les Canadiens ont été exposés durant les vingt-cinq dernières années. On dispose d'un nombre suffisant d'échantillons pour étudier les variations suivant l'âge, le sexe, l'année et la cause du décès, et le lieu d'habitation. Les résultats peuvent être mis en corrélation avec les données fournies par la surveillance des concentrations dans l'air, l'eau potable et les aliments.

En 1985, tous les renseignements sur les échantillons d'os ont été versés dans un fichier informatique. La cause des décès a été codée conformément au texte de la neuvième révision de la classification internationale des maladies. La conversion à l'informatique de ces données permet de dégager rapidement les rapports entre données et facilite la recherche de corrélations et de tendances.

L'une des premières applications de cette base de données sera le développement d'un modèle d'absorption par âge du strontium-90 par le squelette humain. Ce modèle servira à la prévision de l'absorption du strontium-90 en cas d'événement nucléaire. Le modèle aidera aussi à la compréhension du métabolisme de tous les radionucléides qui se fixent dans les os, notamment ceux associés au commencement du cycle des combustibles nucléaires (séries de l'uranium et du thorium, etc.). À titre préliminaire, il y a eu la rédaction d'un rapport statistique sur l'absorption alimentaire du strontium-90 par les Canadiens entre 1947 et 1984(1).

Pour ce qui est du plomb stable, on effectue actuellement, en collaboration avec la Section de chimie inorganique du Bureau des dangers des produits chimiques, des mesures de ses concentrations dans les échantillons d'os. Environ 240 échantillons provenant des villes de Winnipeg, Montréal et Charlottetown ont été prélevés entre 1965 et 1984. Il n'y a pas eu de différences significatives entre les villes, bien que la concentration ait eu tendance à être supérieure dans le groupe de Montréal. Les concentrations les plus élevées ont été trouvées chez les plus de vingt ans, ce qui indique l'accumulation dans les tissus avec l'âge. Une augmentation de la concentration de plomb a été observée dans le groupe des 1-11 ans et une

diminution avec le groupe 12-19 ans. Il n'y avait pas de différence significative entre les sexes. Des concentrations supérieures à la moyenne ont été observées dans les échantillons de Winnipeg pour la période de 1976-1980, particulièrement chez les 1-4 ans. La même tendance a été observée dans la concentration de plomb dans l'air, ce qui indique une corrélation possible entre le plomb dans l'air et le plomb dans les os.

On prévoit de mesurer la concentration du plomb-210 dans les os afin de déterminer si ce radionucléide se comporte de la même façon que le plomb stable. On a aussi des plans pour mesurer l'uranium dans des échantillons d'os provenant de villes où la concentration d'uranium dans l'eau potable est supérieure à la normale.

Modèles des voies d'exposition dans l'environnement

On est en train d'élaborer un ensemble de programmes informatisés qui permettraient de prédire les doses résultant des émissions de radionucléides dans le voisinage des installations nucléaires. Ces programmes comprennent les modèles de dispersion à court et à long termes dans l'atmosphère, des calculs du rayonnement externe émanant d'un nuage semi-infini et d'une couche de terre uniforme, ainsi que des modèles de transfert dans la chaîne alimentaire.

On s'est livré à des calculs préliminaires avec le modèle de dispersion climatologique du tritium à proximité de la centrale nucléaire de Pickering pour la période 1973-1977. Les émissions estimées de tritium sont extraites de rapports de l'Hydro Ontario. Les concentrations du modèle ont été comparées aux concentrations mesurées avec le réseau de surveillance de Pickering. Le modèle manifestait une nette tendance à la surévaluation, notamment dans le cas des concentrations observées infimes. On travaille au raffinement du modèle.

Étude de la toxicité de l'uranium

Des expériences en laboratoire visant à déterminer la toxicité de l'uranium chez les rats et les lapins ont été décrites dans des rapports antérieurs[2,3,4,5]. La présente étude est menée de concert avec la Section des contaminants environnementaux, du Bureau des dangers des produits chimiques, afin de réévaluer la norme actuelle (20 $\mu g\ L^{-1}$) de la concentration maximale admissible d'uranium dans l'eau potable au Canada[6]. Les analyses de foies, d'os, de fèces et d'urine de lapin pour l'uranium total se sont poursuivies.

Élaboration des méthodes et instruments

Le projet visant à mettre au point un système de détection du germanium pour une vaste région, dont les données seront enregistrées par un ordinateur central qui en fera l'analyse, se poursuit. Du nouveau matériel et de nouveaux logiciels ont été introduits et testés sur deux analyseurs à canaux multiples de type Canberra série 90 (MCA). Ces travaux devraient être terminés au début de 1986.

Le mini-ordinateur PDP 11/44 qui sert de système d'acquisition et d'analyse des données pour ces MCA et pour d'autres compteurs, est modernisé. On a commandé ce qu'il faut pour augmenter la mémoire et le stockage des données, et ce qu'il faut pour constituer un système d'urgence et de transfert.

Une étude d'efficacité est en cours pour déterminer la sensibilité comparée de circuits imprimés servant de dosimètre thermoluminescent (DTL) CaF_2:Mn et d'ampoules DTL CaF_2:Mn pour la mesure des niveaux ambiants des débits de dose de rayonnement gamma externe.

Les programmes de contrôle de la qualité des laboratoires se sont poursuivis dans le cadre d'études comparatives inter-laboratoires, parrainées par l'Environmental Protection Agency des États-Unis. Les résultats de la Division sont résumés au Tableau 1.

RADIOACTIVITÉ NATURELLE

On a poursuivi les études sur les doses de rayonnement attribuables à la radioactivité naturelle auxquelles la population est exposée en procédant à des analyses radiochimiques de l'eau potable pour le radium-226 et l'uranium total. Les concentrations mesurées au cours de l'année 1985 étaient, dans l'ensemble, inférieures aux concentrations maximales acceptables de 1 Bq L^{-1} pour le radium-226 et de 20 µg L^{-1} pour l'uranium, prescrites dans les Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, 1978(6). D'autres études sur la présence du radon dans les maisons ont également été entreprises au cours de l'année 1985.

Eau potable

Des échantillons mixtes mensuels d'eau potable ont été prélevés dans les quatre municipalités apparaissant à la Figure 1. Les résultats pour le radium-226 sont présentés au Tableau 2. Dans l'ensemble, les concentrations mesurées se situaient à la limite de détection de 5 mBq L^{-1} ou près de celle-ci. C'est à Elliot Lake qu'on a continué d'observer les concentrations les plus élevées, qui ont atteint 27 mBQ L^{-1} en avril, tant pour les eaux traitées que pour les eaux non traitées. Cette ville se trouve au centre de l'industrie minière de l'uranium en Ontario.

Les taux d'uranium présentés au Tableau 3 montrent des différences considérables en fonction du temps et de l'emplacement. Comme précédemment, les concentrations les plus élevées ont été mesurées à Regina (8,8 µg L^{-1} en avril). L'eau potable de cette ville provient, en partie, de sources souterraines alors que, dans le cas de toutes les autres localités, elle provient entièrement des eaux superficielles.

En collaboration avec la province du Manitoba, une étude a été entreprise pour mesurer les taux de radioactivité naturelle dans l'approvisionnement en eau des municipalités qui puisent leur eau à des sources souterraines. Le programme compte en tout 130 municipalités. Le dosage du radon-222, du radium-226 et de l'uranium total dans les eaux brutes, est complété. Le dosage du radium-228 et du plomb-210 est en cours. La concentration du radium-226 varie entre 5 et 170 mBq L^{-1}, avec une moyenne de 15 mBq L^{-1}. La concentration d'uranium total varie entre 0.1 et 96 µg L^{-1}, avec une moyenne de 8.9 µg L^{-1}. La concentration maximale acceptable

pour l'uranium a été dépassée à 12 stations, tandis que la concentration cible pour le radium-226 (100 mBq L^{-1}) n'a été dépassée qu'à une seule station.

Avec la collaboration du gouvernement du Manitoba, on a fait un nouveau relevé de la concentration de radium-226 et de l'uranium total dans les puits et dans les réservoirs de surface à proximité du batholithe granitique du lac du Bonnet. La surface d'échantillonnage de ce relevé et du relevé de 1983 est contenue dans un rayon de 5 km autour du laboratoire souterrain de recherche d'Énergie atomique du Canada limitée. La concentration de radium-226 a varié entre la limite de détection, 5 mBq L^{-1}, et 5.3 Bq L^{-1}, celle de l'uranium total entre 0.1 et 565 µg L^{-1}. La concentration maximale acceptable d'uranium est dépassée à 11 des vingt stations tandis que la limite pour le radium-226 est dépassée à une seule station. Les résultats du relevé de 1985 sont fortement apparentés à ceux du relevé de 1983.

Étude du radon

Avec la collaboration du National Cancer Institute of Canada de l'Université de Toronto, le Bureau a terminé une étude pilote de vérification de cas de cancer du poumon et d'exposition au foyer aux produits de filiation du radon. Cent cas et cent témoins ont été interviewés chacun dans deux villes canadiennes, l'une avec une faible concentration naturelle de radon, l'autre avec une concentration supérieure. Des dosimètres à intégration pour le radon ont été disposés dans toutes les habitations pour deux périodes de six mois; les données sur la conception des habitations sont étudiées afin de s'en servir comme méthode d'évaluation de l'exposition d'un occupant sur une période de vingt-cinq ans.

Dans une habitation sur dix, on a également mesuré la concentration de radon en prélevant des échantillons instantanés au printemps et à l'automne afin de relier ces mesures aux résultats du relevé national pour le radon déjà en cours[2]. Dans chaque habitation, la concentration du radon et de ses produits de filiation a été mesurée pendant une période de deux semaines afin qu'on établisse des valeurs moyennes pour les habitations et qu'on sache le degré de déséquilibre entre le radon et ses produits de filiation.

Les résultats obtenus grâce aux dosimètres pendant les six premiers mois, dans les deux villes, ont été analysés et comparés à la moyenne obtenue antérieurement avec le relevé national pour le radon[2]. Il semble exister une corrélation

raisonnable. Une pleine étude de vérification des cas est maintenant en cours dans la ville à la plus forte concentration ambiante de radon. Cent paires de cas et de témoins ont été interviewées au cours de l'année par le personnel de la Manitoba Cancer Treatment and Research Foundation.

On a amorcé le développement d'un petit dosimètre passif du radon, destiné à l'utilisation dans les habitations comme pour l'étude de la vérification des cas, puisqu'il est prévu que notre fournisseur actuel va cesser d'offrir ce service. Ce service pourra être offert à demande au public, sur une base de récupération des coûts, si la demande est suffisante.

RADIOACTIVITÉ PROVENANT DES RETOMBÉES

Depuis 1958, le Bureau de la radioprotection assure la surveillance des retombées grâce à un réseau de stations réparties dans neuf des dix provinces et dans les deux territoires. La radioactivité bêta globale est mesurée dans l'air de surface et dans les précipitations, alors que le strontium-90 et le césium-137 sont calculés d'après leur teneur dans le lait entier. Le présent rapport résume les résultats pour 1985 et examine les tendances des retombées de 1958 jusqu'à aujourd'hui.

Air de surface en 1985

L'air de surface est échantillonné pour la mesure de la radioactivité bêta globale aux vingt-neuf emplacements illustrés à la Figure 1. L'air est aspiré en permanence à travers des filtres de fibre de verre à un débit d'environ 900 mètres cubes par jour. Les filtres sont changés chaque semaine et expédiés au laboratoire pour le comptage. Le Tableau 4 résume les moyennes mensuelles relevées en 1985 pour chaque emplacement du réseau. Apparaissent également les moyennes annuelles pour chaque emplacement et les moyennes nationales pour chaque mois. Il n'y a pas de tendance caractéristique, excepté que les valeurs en automne et en hiver sont généralement plus élevées que celles mesurées en été et au printemps.

Précipitations atmosphériques en 1985

Des dépôts combinés, humides et secs, sont recueillis à 28 emplacements (voir Figure 1) au moyen de contenants cylindriques ouverts, garnis d'un revêtement de polyéthylène. Chaque mois, les échantillons sont expédiés au laboratoire. On fait évaporer des échantillons mixtes trimestriels, puis on mesure leur activité bêta globale. Le Tableau 5 présente les résultats pour 1985. Les valeurs trimestrielles ont été additionnées pour donner les valeurs totales annuelles apparaissant dans la dernière colonne.

Lait en 1985

Des échantillons de lait entier sont ramassés mensuellement dans 18 fermes et laiteries aux endroits indiqués à la Figure 1. Des échantillons mixtes trimestriels sont analysés par radiochimie pour le strontium-90 et pour le césium-137 par spectroscopie-gamma. Les Tableaux 6 et 7 présentent les résultats pour 1985. Les valeurs ont très peu changé par rapport à l'année précédente.

Tendances des retombées de 1958 à 1985

La Figure 2 présente les valeurs nationales moyennes pour l'air, les précipitations et le lait en fonction de l'année. Les grands pics au début des années 1960 correspondent à la période de nombreux essais d'engins nucléaires dans l'atmosphère. La teneur a chuté rapidement après la signature, en 1963, du Traité interdisant les essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère, dans l'espace extra-atmosphérique et sur l'eau. Depuis lors, les essais par des pays non signataires du traité ont émis dans l'atmosphère des quantités beaucoup moindres de débris radioactifs. Le petit pic en ce qui a trait à l'air et aux précipitations en 1981 résulte de l'essai le plus récent, soit celui de Lop Nor, en Chine, le 16 octobre 1980[2,3].

En 1985, les concentrations dans l'air et les précipitations ne représentaient plus que 0,2% du maximum de 1962-1963. Les analyses de rayonnement gamma réalisées sur des filtres à air spéciaux a montré que moins de un pour cent de la radioactivité présente est attribuable aux produits de fission. Le reste est constitué principalement des radionucléides naturels suivants: bérylium-7, potassium-40 et plomb-210. La valeur de la radioactivité bêta globale dans l'air se rapproche donc des valeurs qui existaient avant les essais d'armes dans l'atmosphère. Les concentrations des radionucléides à longue durée de vie, le strontium-97 et le césium-137, dans le lait, ont baissé plus lentement que la radioactivité bêta globale dans l'air et les précipitations. Depuis la fin des années 1960, cette radioactivité a chuté, la période radioactive, ou demi-vie, se situant entre 5 et 10 ans. Il n'y a pas eu beaucoup de retombées provenant des essais d'armes nucléaires effectués en octobre 1980. À moins d'autres émissions importantes de ces radionucléides, on peut prévoir que leur concentration dans le lait baissera en dessous des limites de détection dans les dix ou vingt prochaines années.

RADIOACTIVITÉ PROVENANT DES RÉACTEURS NUCLÉAIRES

Des études sur la radioactivité du milieu sont effectuées dans le voisinage de sept réacteurs nucléaires au Canada, soit:

- au centre de recherche nucléaire de Whiteshell (AECL-WNRE), Pinawa, (Manitoba);
- au complexe nucléaire de Bruce, Tiverton (Ontario), qui a six unités de 750 MW(e) en service (quatre à Bruce A et deux à Bruce B), et deux unités de 750 MW(e) en construction à Bruce B;
- à la centrale nucléaire de Pickering, Pickering (Ontario), qui a cinq unités de 500 MW(e) en service (deux à Pickering A et trois à Pickering B), une unité en construction à Pickering B et deux unités en cours de retubage à Pickering A;
- à la centrale nucléaire de démonstration de Rolphton (Ontario), 25 MW(e);
- aux laboratoires nucléaires de Chalk River (AECL-CRNL), Chalk River (Ontario);
- à la centrale nucléaire de Gentilly, Gentilly (Québec), 600 MW(e);
- à la centrale nucléaire de Pointe Lepreau, Pointe Lepreau (Nouveau-Brunswick), 600 MW(e).

Des échantillons de vapeur d'eau dans l'air, d'eau potable et de lait sont recueillis aux emplacements indiqués dans les Figures 3 à 8. Des mesures de débits de dose de rayonnement gamma externe sont effectuées près de Bruce, de Pickering, de Gentilly et de Pointe Lepreau. On continue, de plus, à effectuer une surveillance régulière de la radioactivité dans les particules contenues dans l'air près du réacteur de recherche de l'Université McMaster, à Hamilton (Ontario); durant les visites de navires à propulsion nucléaire en Nouvelle-Écosse, cette surveillance se fait non seulement pour les particules contenues dans l'air, mais également pour celles contenues dans l'eau de mer.

Vapeur d'eau dans l'air

La vapeur d'eau contenue dans l'air est recueillie dans des cellules métalliques qui contiennent des tamis moléculaires. Celles-ci sont placées dans le voisinage des centrales de Bruce, Pickering, Gentilly et Pointe Lepreau (voir Figures 3 à 6). Pendant un mois, l'air est aspiré à travers les cellules et dépose,

sur les tamis, l'humidité recueillie dans l'atmosphère. Puis les cellules sont chauffées afin de désorber l'eau recueillie, dont on analyse ensuite la teneur en tritium grâce au comptage par scintillation liquide.

Le Tableau 8 présente les résultats pour 1985. Pour chaque échantillon mensuel, la limite de détection dépend du volume d'air qui passe à travers les cellules et de la teneur en humidité. Pour éviter la saturation des tamis moléculaires, les débits choisis pour les mois de mai à septembre inclusivement sont plus faibles que pour les mois d'octobre à avril (respectivement 0,06 $m^3 d^{-1}$ et 0,2 $m^3 d^{-1}$). Les limites de détection sont donc différentes pour les deux périodes.

Les valeurs en 1985 étaient à peu près comparables à celles de 1984. Les plus fortes concentrations observées ont été de 3,84 Bq m^{-3} à Bruce en juin et de 18,2 Bq m^{-3} à Pickering en juillet. Les résultats observés à Gentilly et à Pointe Lepreau sont très proches de la concentration naturelle.

Eau

Des échantillons d'eau non traitée sont recueillis chaque jour à des prises d'eau potable situées sur la rivière Winnipeg, les lacs Huron et Ontario, la rivière des Outaouais et le fleuve Saint-Laurent (Figures 3 à 8). Les Tableaux 9 et 10 présentent les résultats des analyses trimestrielles pour le césium-137 et le strontium-90. Les concentrations suivaient normalement les fluctuations saisonnières, et elles étaient principalement attribuables à des retombées résiduelles (from past testing of nuclear weapons). Les concentrations les plus élevées mesurées, 35 mBq L^{-1} pour le strontium-90 et 9 mBq L^{-1} pour le césium-137, étaient respectivement 300 et 5000 fois inférieures aux concentrations maximales acceptables pour l'eau potable au Canada[6], soit 10 Bq L^{-1} et 50 Bq L^{-1}.

Lait

Toutes les semaines, des échantillons de lait nature, recueillis dans le voisinage de Whiteshell et Bruce, sont analysés afin d'en déterminer la teneur en iode-131, en césium-137 et en potassium. On n'a trouvé de l'iode-131 dans aucun de ces endroits. La concentration de césium-137 aux stations à proximité des centrales (2 dernières lignes du Tableau 7) était du même ordre que les concentrations enregistrées dans le réseau de mesure des retombées. Cela indique que les retombées constituent la principale source de césium-137 dans le lait aux stations à proximité des centrales.

Exposition au rayonnement externe

Les mesures des débits de dose de rayonnement gamma externe sont faites trimestriellement à 21 stations réparties dans le milieu et à 20 stations à proximité de 4 centrales nucléaires (Bruce, Pickering, Gentilly et Pointe Lepreau). Les mesures ont été effectuées trimestriellement à l'aide de CaF_2:Mn bulb DTL. La Figure 1 montre les 21 municipalités où sont maintenant effectuées les mesures des débits de dose de rayonnement dans l'environnement. Les DTL sont fixés à l'abri qui protège le matériel d'échantillonnage de l'air, le tout se trouvant généralement dans des stations météo d'Environnement Canada ou à proximité de celles-ci. Les Figures 3 à 6 montrent l'emplacement des 20 stations de surveillance du territoire environnant les réacteurs de Bruce, Pickering, Gentilly et Pointe Lepreau. À ces endroits, les DTL sont fixés à l'abri qui protège le matériel d'échantillonnage de la vapeur d'eau dans l'air.

On trouvera, aux Tableaux 11 et 12, les débits de dose moyens trimestriels pour 1985, ainsi que les doses annuelles cumulées. Il arrive parfois que les DTL soient perdus pendant le transport ou détruits par des vandales sur les lieux mêmes où ils sont installés. Dans ces cas, aucun résultat n'est consigné, mais, dans le calcul de la dose cumulée, on suppose que la mesure perdue est égale à la moyenne des autres trimestres. Les valeurs présentées au Tableau 11, pour les débits de dose mesurés dans les stations environnementales, indiquent la plage des débits de dose normaux pour le fond naturel de rayonnement à l'échelle du Canada. Les valeurs présentées au Tableau 12, pour les débits de dose mesurés à proximité des réacteurs, sont du même ordre de grandeur, ce qui montre que ces doses sont attribuables à un rayonnement naturel normal.

Université McMaster

Les taux de radioactivité bêta globale des filtres à air étaient normaux.

Navires à propulsion nucléaire

En 1985, six sous-marins atomiques ont visité Shearwater, en Nouvelle-Écosse. La radioactivité bêta globale des filtres à air et la radioactivité gamma globale d'échantillons d'eau de mer, avant, pendant et après la visite, ont été mesurées. On n'a décelé aucune activité qui pourrait être considérée comme émanant des sous-marins.

Des sous-marins nucléaires visitent régulièrement CFA Esquimalt, à Nanoose Bay (C.-B.). Le ministère de la Santé de la Colombie-Britannique mesure deux fois par année le rayonnement gamma dans les sédiments et les biocénoses du port. Les résultats sont communiqués au Bureau de la radioprotection. On n'a décelé aucune activité qui pourrait être reliée à la visite des sous-marins.

Planification d'urgence

Depuis sa désignation comme organisme fédéral responsable pour le gouvernement fédéral de l'intervention d'urgence dans le domaine nucléaire, Santé et Bien-être social Canada a créé un centre fédéral de contrôle nucléaire au sein de son Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux. Un service téléphonique accessible à toute heure du jour et un système de télé-avertisseurs ont été mis sur pied. En outre, le personnel a participé à un exercice d'urgence nucléaire en Ontario.

Un rapport sur l'organisation canadienne a été présenté au symposium de l'AIEA sur le niveau de préparation en cas d'alerte nucléaire(7).

Sources d'énergie nucléaire dans l'espace

En raison de son expérience acquise grâce à l'expérience avec le Cosmos 954 et à l'important rôle joué par le Canada au sein du Comité de l'ONU sur l'utilisation pacifique de l'espace extra-atmosphérique, particulièrement sur les questions touchant l'emploi des sources d'énergie nucléaire, le Bureau de la radioprotection est consulté annuellement par le ministère des Affaires extérieures (MAE). Ces consultations conduisent à la préparation de communications de nature semi-technique préparées par le Bureau à l'intention du MAE pour l'aider dans sa recherche d'un consensus international sur l'utilisation de l'énergie nucléaire dans l'espace (voir articles 4, 5 et 6 dans la section Rapports et présentations).

Les échanges concernant tout accord international officiel continuent d'être lents, mais une décision d'élargir les échanges aux principes de droit international soulève l'espoir de progrès plus importants l'année prochaine.

RÉSUMÉ

Les études effectuées au cours de l'année 1985 ont permis d'établir des estimations des engagements de l'équivalent de dose individuel effectif pour un certain nombre de radionucléides dangereux qui peuvent affecter de nombreux Canadiens, parce qu'ils sont présents dans les aliments ou dans l'eau potable, ou parce qu'ils sont véhiculés par l'air. On peut voir, au Tableau 13, un résumé de ces doses ainsi que les mesures de l'exposition annuelle au rayonnement gamma externe et des risques qui y sont liés.

Le tableau indique les limites des doses mesurées dans le cadre de chaque programme en fonction des concentrations de radionucléides les plus élevées et les plus basses mesurées annuellement. Le tableau indique également les points où les doses maximales ont été relevées. Les doses de tritium dans la vapeur d'eau de l'air ont été calculées en supposant une exposition ininterrompue, tout au long de l'année, à la concentration mensuelle la plus forte mesurée dans le voisinage des réacteurs nucléaires. On a tenu compte des radionucléides absorbés par inhalation et par voie cutanée. Les données sur la consommation alimentaire des Canadiens(8) ont été utilisées pour calculer l'ingestion de lait. Les modèles dosimétriques de la CIPR et les évaluations des risques ont servi à calculer les doses et à évaluer les risques(9,10).

Comme il a été indiqué dans les rapports précédents, le fond naturel de rayonnement est beaucoup plus important que les apports provenant des retombées résiduelles d'essais d'armes nucléaires dans l'atmosphère, ou de décharges radioactives provenant des réacteurs. Ces doses de rayonnement gamma externe ne représentent qu'à peu près 30% du fond naturel de rayonnement auquel les Canadiens sont exposés. Le reste est attribuable à des radionucléides cosmogéniques et primordiaux - soit, principalement, du carbone-14, du potassium-40, du plomb-210 et du radon-222, qui se désintègrent à l'intérieur du corps.

Les doses provenant des produits de fission dans l'eau et le lait, dues aux retombées radioactives, sont dix fois moindres que celles imputables aux radionucléides naturels présents dans l'eau potable. Comme les années précédentes, les décharges de tritium dans l'atmosphère étaient les seules émissions régulières provenant des centrales nucléaires canadiennes qui puissent être mesurées. Toutes ces expositions se situaient dans les limites recommandées par la CIPR.

Les risques présentés au Tableau 13 ont été évalués à la puissance 10 la plus proche, parce qu'il est difficile de déterminer exactement les dommages reliés à ces doses. Ils représentent la probabilité de contracter un cancer fatal au cours d'une vie. Au Canada, le risque total, au cours d'une vie, est d'environ $0,2^{(11)}$. Par comparaison, les risques apparaissant au Tableau 13 sont négligeables.

RÉFÉRENCES

1. Murdoch, D. et B.L. Tracy, "Dietary Intake of Strontium-90 in Canada: 1947-1984", Rapport statistique, Division des statistiques biologiques et des applications informatiques, Direction de l'hygiène du milieu, 1985.

2. Direction de l'hygiène du milieu, "La radioactivité ambiante au Canada, 1980", 83-EHD-90, Santé et Bien-être social Canada, Ottawa, 1982.

3. Direction de l'hygiène du milieu, "La radioactivité ambiante au Canada, 1981", 83-EHD-102, Santé et Bien-être social Canada, Ottawa, 1983.

4. Direction de l'hygiène du milieu, "La radioactivité ambiante au Canada, 1982", 84-EHD-105, Santé et Bien-être social Canada, Ottawa, 1984.

5. Direction de l'hygiène du milieu, "La radioactivité ambiante au Canada, 1983", 84-EHD-112, Santé et Bien-être social Canada, Ottawa, 1984.

6. Groupe de travail fédéral-provincial sur l'eau potable, "Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada, 1978", Santé et Bien-être social Canada, Ottawa, 1979.

7. Eaton, R.S., "Planning and Exercise Experience Related to an Off-Site Nuclear Emergency in Canada: the Federal Component" IAEA Symposium on Emergency Planning and Preparedness for Nuclear Facilities, Rome, 4-8 novembre 1985 (sous presse).

8. Nutrition Canada, Bureau des sciences de la nutrition, "Rapport sur les habitudes alimentaires", Direction générale de la protection de la santé, Santé et Bien-être social Canada, Ottawa, 1976.

9. Commission internationale de protection radiologique, "Recommendations of the International Commission on Radiological Protection", ICRP Publication 26, Pergamon Press, Oxford, 1977.

10. Commission internationale de protection radiologique, "Limits for Intakes of Radionuclides by Workers", ICRP Publication 30, Pergamon Press, Oxford, 1979.

11. Santé et Bien-être social Canada et Statistique Canada, "Répartition géographique de la mortalité au Canada, Volume 1: Cancer", Santé et Bien-être social Canada et Conseil du Trésor, Ottawa, 1980.

RAPPORTS ET PRÉSENTATIONS

1. Létourneau, E.G., "Limitation of Exposure to Natural Radioactivity in Canada", The Science of the Total Environment, 45, 647-656, 1985.

2. McGregor, R.G., W.B. Walker et E.G. Létourneau, "Radon and Radon Daughter Levels in Energy-efficient Housing", The Science of the Total Environment, 45, 271-278, 1985.

3. Létourneau, E.G., "Radon Standard for Canada", Proceedings of the International Specialty Conference, Indoor Air Quality in Cold Climates, Hazards and Abatement Measures, Air Pollution Control Association, Ottawa, Canada, 29 avril-1er mai 1985 (sous presse).

4. Eaton, R.S., "Planning and Exercise Experience Related to an Off-site Nuclear Emergency in Canada: The Federal Component" IAEA International Symposium on Emergency Planning and Preparedness for Nuclear Facilities, Rome, 4-8 novembre 1985 (sous presse).

5. Veska, E. et R.S. Eaton, "An Assessment of the Abandoned Rayrock Uranium Mill Tailings in the Northwest Territories", I. Environmental Conditions, II. Radiological Impact," Health Physics, (sous presse).

6. Tracy, B.L. et F.A. Prantl, "Radiological Impact from Coal-Fired Power Generation", Journal of Environmental Radioactivity 2, 145-160, 1985.

7. McGregor, R.G., "Radon and Radon Daughter Levels in Energy-efficient Housing", International Specialty Conference, Indoor Air Quality in Cold Climates: Hazards and Abatement Measures, Ottawa, 29 avril-1er mai 1985.

8. Létourneau, E.G., "Radon Standard for Canada", International Specialty Conference, "Indoor Air Quality in Cold Climates: Hazard and Abatement Measures", Ottawa, 2 avril-1er mai 1985.

9. Tracy, B.L., D.P. Meyerhof, A.T. Steenkamer et W.B. Awrey, "The Human Bone Analysis Program at the Radiation Protection Bureau", 6th Annual Conference of the Canadian Radiation Protection Association, Saint-Jean, N.-B., juin 1985.

10. Meyerhof, D.P., "Revisions to the Guidelines for Canadian Drinking Water Quality - Radiological Characteristics", 17th Annual Meeting Conference of Radiation Control Program Directors, Milwaukee, mai 1985.

11. Tracy, B.L., "Uranium Toxicity Studies at Health and Welfare Canada", U.S. Nuclear Regulatory Commission, Public Hearings on Uranium, Washington, D.C., décembre 1985.

12. Murdoch, D. et B.L. Tracy, "Dietary Intake of Strontium-90 in Canada, 1947-1984", Division des statistiques biologiques et des applications informatiques, Direction de l'hygiène du milieu, 1985.

Tableau 1. Résultats des études comparatives inter-laboratoires

Milieu	Analyse	Valeur* BR	Valeur** connue
Filtre à air	globale α	0,33	0,37±0,32
	globale β	1,48	1,33±0,32
Filtre à air	globale α	0,44	0,48±0,32
	globale β	1,74	1,63±0,32
Eau	globale α	0,23	0,22±0,32
	globale β	0,47	0,56±0,32
Eau	globale α	0,32	0,41±0,32
	globale β	0,24	0,30±0,32
Eau	globale α	0,30	0,30±0,32
	globale β	0,27	0,30±0,32
Eau	globale α	0,64	0,37±0,32
	globale β	0,46	0,48±0,32
Eau	tritium	129	132±23
Eau	tritium	172	166±23
Eau	tritium	74	73±22
Eau	tritium	150	141±23
Eau	tritium	88	89±22
Eau	Sr-89	0,22	0,11±0,32
	Sr-90	1,12	1,11±0,10
Eau	Sr-89	1,31	1,44±0,32
	Sr-90	0,57	0,55±0,10
Eau	Sr-89	0,71	0,74±0,32
	Sr-90	0,21	0,26±0,10
Eau	Ra-226	0,153	0,185±0,048
Eau	Ra-226	0,109	0,115±0,033
Eau	Ra-226	0,270	0,263±0,067
Eau	Cr-51 (gamma)	1,52	1,78±0,32
	Co-60 (gamma)	0,70	0,74±0,32
	Zn-65 (gamma)	2,07	2,04±0,32
	Ru-106 (gamma)	0,81	0,93±0,32
	Cs-134 (gamma)	1,15	1,30±0,32
	Cs-137 (gamma)	0,89	0,93±0,32

Tableau 1. (suite)

Eau	Cr-51 (gamma)	1,53	1,63±0,19
	Co-60 (gamma)	0,54	0,52±0,19
	Zn-65 (gamma)	1,80	1,74±0,19
	Ru-106 (gamma)	1,94	2,30±0,19
	Cs-134 (gamma)	1,14	1,30±0,19
	Cs-137 (gamma)	0,72	0,74±0,19
Lait	Sr-89	0,49	0,41±0,32
	Sr-90	0,35	0,41±0,10
	Cs-137 (gamma)	0,46	0,41±0,32
	potassium (gamma)	1610	1525±130
Lait	Sr-89	2,25	1,77±0,32
	Sr-90	0,90	0,96±0,10
	I-131	1,32	1,56±0,38
	Cs-137 (gamma)	1,98	2,07±0,32
	potassium (gamma)	1570	1540±130

* Toutes les valeurs sont en Bq L^{-1}, excepté pour les filtres à air (Bq par filtre) et le potassium (mg L^{-1}).
** Les limites d'acceptabilité sont de trois écarts-types.

Tableau 2. Concentrations de radium-226 dans l'eau potable - 1985

(millibecquerels par litre)

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
Ontario													
Elliot Lake (traitée)	17,4	13,6	14,8	23,5	25,6	17,9	22,5	19,5	19,6	15,9	14,9	22,6	19,0
Elliot Lake (non traitée)	12,3	23,3	13,6	27,4	17,7	23,8	16,0	18,4	21,3	18,1	18,2	19,3	19,1
Ottawa	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Port Hope	*	*	*	*	*	*	*	*	*	5,9	5,5	*	*
Saskatchewan													
Regina	*	*	*	8,8	*	*	*	5,0	*	*	5,4	*	*

* Inférieur à la limite de détection de 5 mBq L^{-1}

Tableau 3. Concentrations d'uranium dans l'eau potable - 1985

(microgrammes par litre)

	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
Ontario													
Elliot Lake (traitée)	0,8	1,5	1,2	0,6	0,6	1,5	1,1	0,2	2,1	1,8	1,3	0,8	1,1
Elliot Lake (non traitée)	1,2	0,9	0,7	0,7	0,4	1,4	0,6	0,6	1,8	0,9	1,0	1,0	1,5
Ottawa	0,6	*	0,2	*	*	0,5	0,2	0,1	0,4	0,2	*	*	0,2
Port Hope	0,8	*	1,2	*	0,5	0,5	0,7	0,2	1,2	1,0	0,7	0,5	0,6
Saskatchewan													
Regina	4,8	3,9	8,5	8,8	3,8	2,4	4,9	2,4	3,0	6,3	6,4	8,4	5,3

* Inférieur à la limite de détection de 0,1 µg/L

Tableau 4. Radioactivité bêta globale dans le réseau canadien de surveillance de l'air - 1985
(millibecquerels par mètre cube)

Station d'échantillonnage	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
Calgary	0,5	0,1	0,2	0,3	0,3	0,7	0,1	0,3	0,2	0,2	0,6	0,3	0,3
Churchill	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,7	0,6	0,3
Coral Harbour	0,1	0,2	0,8	0,7	0,4	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,5	0,4	0,3
Digby	0,5	0,2	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4
Edmonton	0,7	0,6	0,3	0,4	0,5	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,9	0,5	0,5
Fredericton	0,5	0,2	0,4	0,4	0,5	0,2	0,4	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4
Goose Bay	0,2	0,1	0,3	0,1	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2
Greenwood	0,4	0,1	0,5	0,3	0,6	0,2	0,3	0,3	0,5	0,4	0,4	0,5	0,4
Halifax	0,4	0,2	0,5	0,4	0,6	0,2	0,3	0,5	0,5	0,4	0,3	0,5	0,4
Hay River	1,0	0,2	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3	0,3	0,5	0,5	0,8	1,1	0,5
Inuvik	0,8	0,2	1,0	1,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,7	1,2	0,6
McMaster	0,8	0,6	0,8	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	1,0	0,8	0,8	1,2	0,9
Montréal	0,5	0,2	0,5	0,5	0,8	0,4	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5	0,5	0,5
Moosonee	0,7	0,2	0,6	0,5	0,4	0,2	0,3	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,4
Ottawa - Aéroport	0,5	0,2	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3
Ottawa - BRIM*	0,4	0,2	0,5	0,4	0,5	0,3	0,4	0,4	0,6	0,4	0,8	0,4	0,4
Québec	0,4	0,1	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,4	0,4	0,2	0,4	0,3	0,3
Regina	0,6	0,1	0,2	0,3	0,3	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,6	0,6	0,3
Resolute	0,5	0,1	0,8	0,9	0,3	0,1	0,2	0,1	0,1	0,3	0,7	0,4	0,4
Saskatoon	1,0	0,3	0,3	0,3	0,4	0,2	0,3	0,4	0,4	0,2	0,5	0,9	0,4
Sault Ste. Marie	0,0	0,2	0,5	0,6	0,4	0,3	0,3	0,4	0,5	0,4	0,6	0,7	0,4
St. John's (T.-N.)	0,2	0,1	0,0	0,0	0,5	0,5	0,3	0,2	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3
Thunder Bay	0,7	0,3	0,5	0,7	0,7	0,4	0,5	0,5	0,5	0,7	0,6	0,9	0,6
Toronto	0,6	0,3	0,5	0,6	0,6	0,4	0,5	0,6	0,8	0,5	0,6	0,9	0,6
Vancouver	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,3	0,2	0,2
Whitehorse	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,1	0,2	0,1	0,1	0,5	1,0	0,4	0,3
Windsor	0,7	0,3	0,6	0,5	0,4	0,4	0,5	0,5	0,4	0,6	0,7	0,5	0,5
Winnipeg	0,4	0,0	0,4	0,5	0,4	0,1	0,2	0,4	0,4	0,4	1,2	0,0	0,4
Yellowknife	0,7	0,2	0,5	0,7	0,4	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,7	0,6	0,4
Moyenne nationale	0,5	0,2	0,4	0,5	0,4	0,3	0,3	0,3	0,4	0,4	0,6	0,5	0,4

*B.R.I.M. - Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux, Ottawa

Tableau 5. Radioactivité bêta globale dans le réseau canadien de surveillance des précipitations atmosphériques - 1985

(en becquerels par mètre carré)

Station	Nbre total d'échantillons	Premier trimestre	Deuxième trimestre	Troisième trimestre	Quatrième trimestre	Dépôt total annuel
Calgary	12	20	18	40	14	92
Churchill	12	10	15	76	32	132
Coral Harbour	12	15	17	69	15	116
Digby	9	17	—	29	14	79
Edmonton	12	14	21	97	69	201
Fredericton	12	21	39	75	20	156
Goose Bay	12	13	25	51	59	148
Greenwood	12	26	36	38	22	121
Halifax	12	24	35	80	23	163
Hay River	12	10	47	79	32	169
Inuvik	12	10	17	34	14	76
Montréal	12	18	55	60	18	151
Moosonee	12	11	37	73	11	132
Ottawa - Aéroport	12	16	25	66	47	154
Ottawa - BRIM*	12	16	58	51	61	186
Québec	12	22	54	105	35	216
Regina	12	20	28	71	20	140
Resolute	12	6	24	22	22	73
Saskatoon	12	13	29	56	19	117
Sault Ste. Marie	12	19	54	76	35	184
St. John's (T.-N.)	12	16	29	31	32	107
Thunder Bay	12	22	132	89	94	337
Toronto	12	32	50	69	51	201
Vancouver	12	19	21	35	25	100
Whitehorse	12	14	72	52	41	181
Windsor	12	21	38	76	25	161
Winnipeg	12	24	50	119	17	210
Yellowknife	12	13	25	41	22	101
Moyenne nationale						145

*B.R.I.M. - Bureau de la radioprotection et des instruments médicaux, Ottawa

- Aucun échantillon

Tableau 6. Taux de strontium-90 dans le réseau canadien de surveillance du lait - 1985

(millibecquerels par litre)

Station	Moyenne annuelle
Calgary	41
Edmonton	55
Halifax	97
Moncton	129
Montréal	66
Ottawa	81
Québec	53
Regina	84
Saskatoon	57
Sault Ste. Marie	98
St. John's (T.-N.)	112
Sussex	79
Thunder Bay	125
Toronto	32
Truro	83
Vancouver	82
Windsor	38
Winnipeg	60
Moyenne nationale	76

Tableau 7. Taux de césium-137 dans le réseau canadien de surveillance du lait - 1985

(millibecquerels par litre)

Station	Premier trimestre	Deuxième trimestre	Troisième trimestre	Quatrième trimestre	Moyenne annuelle
Calgary	27	50	62	*	41
Edmonton	68	86	118	97	92
Halifax	32	42	*	84	46
Moncton	44	61	60	56	55
Montréal	79	*	*	132	65
Ottawa	42	*	117	65	62
Québec	*	42	*	35	32
Regina	*	54	31	*	34
Saskatoon	*	59	*	*	34
Sault Ste. Marie	111	72	172	164	130
St. John's (T.-N.)	71	86	178	60	99
Sussex	44	*	*	39	33
Thunder Bay	73	67	62	89	73
Toronto	*	*	*	*	*
Truro	30	54	*	28	34
Vancouver	*	86	65	45	55
Windsor	*	*	55	*	33
Winnipeg	53	118	—	59	77
Bruce	*	40	41	30	34
Whiteshell	53	70	31	45	50
Moyenne nationale	45	56	61	58	55

* Valeur inférieure à la limite de 25 mBq L^{-1}.
- Pas d'échantillon

Tableau 8. Taux de tritium dans la vapeur d'eau de l'air à proximité des centrales nucléaires - 1985

(becquerels par mètre cube d'air)

Station	Janv.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juill.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Moy.
BRUCE													
2 - 3,5 km ESE	2,07	0,88	0,07	2,16	1,15	1,07	1,60	1,19	1,08	3,08	1,15	3,04	1,55
3 - 4,0 km S	1,46	0,37	0,31	0,52	1,46	3,84	1,35	1,03	0,94	0,93	1,03	0,88	1,18
4 - 8,0 km SE	0,12	0,38	0,09	0,27	0,43	0,40	0,43	0,45	0,36	0,40	0,18	1,05	0,38
5 - 8,0 km ESE	0,48	0,53	0,06	0,32	0,42	0,39	0,89	0,67	0,14	1,47	0,30	0,91	0,55
6 - 40,0 km SE	*	*	*	*	0,15	0,18	0,11	0,17	*	0,22	0,12	0,23	0,12
PICKERING													
1 - 1,0 km NNW	2,15	2,93	2,03	0,79	1,48	4,24	3,06	4,22	3,05	1,85	2,46	0,80	2,42
2 - 1,5 km NW	0,89	1,55	1,64	0,77	1,88	1,33	3,35	3,27	1,91	1,25	0,91	1,69	1,70
3 - 2,0 km NNW	0,98	1,03	2,39	0,83	1,15	6,30	3,46	1,79	1,36	1,57	1,59	0,61	1,92
4 - 1,5 km NE	0,39	0,64	3,70	4,19	2,88	5,73	7,15	0,45	2,41	1,99	1,27	1,47	2,69
5 - 1,0 km E	2,48	4,41	4,15	4,57	3,99	1,74	18,2	4,26	0,53	7,05	2,76	6,94	5,09
7 - 33,0 km SW	0,06	*	0,29	0,05	*	0,21	*	*	0,13	0,17	0,14	0,06	0,12
GENTILLY													
1 - 11,5 km NNE	0,04	0,07	0,09	0,08	*	0,19	*	0,18	*	*	0,56	0,44	0,17
2 - 6,5 km NNE	*	*	0,05	*	*	*	*	*	*	*	0,31	0,07	0,09
3 - 5,0 km NNW	*	*	0,05	0,05	*	0,14	*	*	*	*	*	0,12	0,08
4 - 7,0 km SW	0,06	*	0,05	0,05	*	*	*	*	*	*	0,19	0,17	0,09
5 - 6,5 km ENE	*	*	0,11	0,04	*	0,12	*	*	*	*	0,12	0,38	0,11
6 - 12,5 km NE	0,07	*	*	0,14	*	0,13	*	*	*	*	0,37	0,09	0,11
POINTE LEPREAU													
1 - 2,6 km NNW	0,07	*	0,11	0,16	*	*	*	*	*	*	0,43	0,24	0,13
2 - 4,8 km NNE	*	*	0,24	0,23	*	0,39	*	0,12	0,14	0,05	*	0,34	0,15
3 - 9,7 km NW	*	*	*	0,04	*	*	*	*	*	0,05	*	0,13	0,07
4 - 19,3 km NNE	*	*	*	0,06	*	*	0,11	*	*	*	*	0,07	0,07
5 - 29,0 km NE	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0,07
6 - 131,0 km N	*	*	0,27	0,05	*	0,13	*	*	*	0,26	*	*	0,11
7 - 97,0 km SE	0,04	*	0,22	*	*	*	*	*	*	*	0,09	0,08	0,09
8 - 105,0 km ESE	0,07	*	*	*	*	0,13	*	*	*	*	*	0,48	0,11

* Valeur inférieure à la limite de détection de : 0,1 Bq m^{-3} mai - sept.
: 0,04 Bq m^{-3} oct.- avr.

Tableau 9. Taux de strontium-90 dans l'eau non traitée à proximité des centrales nucléaires - 1985

(millibecquerels par litre)

Station	Premier trimestre	Deuxième trimestre	Troisième trimestre	Quatrième trimestre	Moyenne annuelle
Rivière Winnipeg					
1) Pinawa	21	3	18	22	16
2) Lac du Bonnet	*	1	2	*	*
3) Great Falls	23	25	19	18	21
Lac Huron					
1) Port Elgin	12	35	16	*	16
2) Kincardine	*	5	*	14	5
Lac Ontario					
1) Toronto	16	*	*	*	4
2) Oshawa	13	17	*	2	8
Rivière des Outaouais					
1) Rolphton	18	17	13	20	17
2) Deep River	14	13	12	13	13
3) Petawawa	12	3	9	2	6
4) Pembroke	13	12	10	9	11
5) Ottawa	12	8	16	16	13
Fleuve Saint-Laurent					
1) Bécancour	11	15	*	7	9
2) Grondines	*	*	3	2	1
3) Saint-Romuald	22	*	12	13	12

* Inférieur à la limite de détection de 1 mBq L^{-1}

Tableau 10. Taux de césium-137 dans l'eau non traitée à proximité des centrales nucléaires - 1985

(millibecquerels par litre)

Station	Premier trimestre	Deuxième trimestre	Troisième trimestre	Quatrième trimestre	Moyenne annuelle
Rivière Winnipeg					
1) Pinawa	*	*	*	2	*
2) Lac du Bonnet	*	*	*	*	*
3) Great Falls	*	3	3	2	2
Lac Huron					
1) Port Elgin	*	*	2	2	*
2) Kincardine	*	*	*	2	*
Lac Ontario					
1) Toronto	*	*	*	*	*
2) Oshawa	*	1	*	*	*
Rivière des Outaouais					
1) Rolphton	*	*	2	*	*
2) Deep River	*	5	4	4	3
3) Petawawa	*	*	8	7	4
4) Pembroke	*	*	6	4	3
5) Ottawa	*	6	9	4	5
Fleuve Saint-Laurent					
1) Bécancour	*	3	*	2	1
2) Grondines	*	*	*	*	*
3) Saint-Romuald	*	*	*	3	*

* Inférieur à la limite de détection de 1 mBq L^{-1}

Tableau 11. Débits de doses de rayonnement externe aux stations environnementales - 1985

Station	Taux de dose ($\mu Gy\ hr^{-1}$)				Dose cumulée (mGy)
	Premier trimestre	Deuxième trimestre	Troisième trimestre	Quatrième trimestre	
Calgary	0,06±0,02	0,06±0,02	0,07±0,01	0,06±0,02	0,54±0,07
Churchill	0,07±0,02	0,06±0,02	0,06±0,01	0,06±0,01	0,54±0,06
Digby	0,06±0,02	0,06±0,01	0,07±0,01	0,06±0,02	0,54±0,06
Edmonton	0,07±0,02	0,07±0,02	0,07±0,02	0,06±0,02	0,58±0,08
Fredericton	0,08±0,02	0,09±0,02	0,09±0,02	0,07±0,02	0,73±0,08
Greenwood	0,06±0,02	0,04±0,02	0,08±0,02	0,07±0,02	0,55±0,08
Halifax	0,05±0,02	0,07±0,02	0,07±0,02	0,07±0,01	0,56±0,07
Inuvik	0,06±0,02	0,05±0,02	0,09±0,02	0,05±0,02	0,55±0,08
Montréal	0,06±0,02	0,05±0,01	0,07±0,02	0,06±0,02	0,52±0,07
Ottawa	0,07±0,01	0,08±0,02	0,09±0,01	0,08±0,02	0,71±0,06
Québec	0,06±0,02	0,05±0,01	0,08±0,02	0,07±0,02	0,57±0,07
Regina	0,08±0,01	0,09±0,02	0,09±0,02	0,08±0,01	0,78±0,07
Saskatoon	0,06±0,01	0,08±0,02	0,08±0,02	0,08±0,01	0,67±0,06
St. John's (T.-N.)	0,08±0,02	0,08±0,02	0,09±0,02	0,09±0,02	0,76±0,08
Thunder Bay	0,06±0,02	0,04±0,02	0,08±0,01	0,06±0,01	0,53±0,06
Toronto	0,06±0,02	0,06±0,02	0,06±0,02	0,07±0,02	0,54±0,08
Vancouver	0,08±0,02	0,08±0,02	0,08±0,02	0,07±0,02	0,69±0,08
Whitehorse	0,10±0,02	0,09±0,02	0,10±0,01	0,08±0,02	0,82±0,07
Windsor	0,06±0,02	0,10±0,02	0,08±0,02	0,07±0,01	0,68±0,07
Winnipeg	0,06±0,01	0,08±0,02	0,09±0,01	0,09±0,02	0,71±0,06
Yellowknife	0,07±0,02	0,07±0,02	0,09±0,01	0,09±0,01	0,70±0,06

Tableau 12. Débits de doses de rayonnement externe à proximité des centrales nucléaires - 1985

Station	Taux de dose ($\mu Gy\ h^{-1}$)				Dose cumulée ($mGy\ yr^{-1}$)
	Premier trimestre	Deuxième trimestre	Troisième trimestre	Quatrième trimestre	
BRUCE					
2	0,06±0,02	0,08±0,02	0,07±0,02	0,07±0,02	0,61±0,08
3	0,06±0,01	0,04±0,01	0,05±0,01	0,05±0,02	0,44±0,05
4	0,08±0,01	0,06±0,02	0,08±0,02	0,05±0,02	0,60±0,07
5	0,08±0,01	0,09±0,02	0,07±0,01	0,07±0,02	0,68±0,06
6	0,11±0,02	0,08±0,02	0,10±0,01	0,08±0,02	0,82±0,07
PICKERING					
2	0,07±0,02	0,07±0,02	0,07±0,02	0,06±0,01	0,58±0,08
3	0,06±0,01	0,07±0,01	0,04±0,01	0,08±0,02	0,54±0,05
4	0,08±0,02	0,09±0,02	0,09±0,01	0,08±0,02	0,76±0,07
5	0,05±0,01	0,06±0,02	0,06±0,01	0,06±0,02	0,50±0,07
7	0,06±0,02	0,06±0,02	0,06±0,02	0,07±0,02	0,54±0,08
GENTILLY					
1	0,10±0,02	0,06±0,01	0,07±0,02	0,05±0,02	0,61±0,07
4	0,06±0,02	0,04±0,02	0,06±0,01	0,05±0,02	0,46±0,07
POINTE LEPREAU					
1	0,08±0,02	0,08±0,01	0,09±0,02	0,06±0,02	0,69±0,07
2	0,07±0,02	0,08±0,01	0,06±0,01	0,07±0,02	0,61±0,06
3	0,06±0,02	0,06±0,01	0,08±0,02	0,07±0,02	0,59±0,07
4	0,07±0,01	0,06±0,01	0,08±0,02	0,07±0,02	0,60±0,06
5	0,10±0,01	0,11±0,01	0,12±0,02	0,10±0,02	0,94±0,06
6	0,08±0,02	0,09±0,02	0,09±0,02	0,07±0,02	0,73±0,08
7	0,06±0,02	0,06±0,01	0,07±0,01	0,06±0,02	0,54±0,06
8	0,06±0,02	0,04±0,02	0,08±0,02	0,07±0,02	0,55±0,08

Tableau 13. Résumé des doses et des risques présumés déterminés au moyen du programme de surveillance de la radioactivité du milieu au cours de l'année 1985

Mode d'exposition	Limite des doses (μSv)	Emplacement du maximum	Risque présumé
Rayonnement externe	520 - 820	Whitehorse	10^{-5}
Radioactivité naturelle dans l'eau potable (^{226}Ra, U)	1 - 10	Elliot Lake, Regina	10^{-7}
Produits de fission dans l'eau potable (^{90}Sr, ^{137}Cs)	0,2 - 1	Rivière Winnipeg	10^{-8}
Produits de fission dans le lait (^{90}Sr, ^{137}Cs)	0,2 - 1	Moncton	10^{-8}
Tritium dans la vapeur d'eau atmosphérique	0,01 - 3	Pickering	10^{-8}

CLEFS POUR LA FIGURE 1

Station d'échantillonnage	Eau potable	Air	Précipitation	Lait	DTL
Calgary	-	x	x	x	x
Churchill	-	x	x	-	x
Coral Harbour	-	x	x	-	-
Digby	-	x	x	-	x
Edmonton	-	x	x	x	x
Elliot Lake	x	-	-	-	-
Fredericton	-	x	x	-	x
Goose Bay	-	x	x	-	-
Greenwood	-	x	x	-	x
Halifax	-	x	x	x	x
Hay River	-	x	x	-	-
Inuvik	-	x	x	-	x
McMaster	-	x	-	-	-
Moncton	-	-	-	x	-
Montréal	-	x	x	x	x
Moosonee	-	x	x	-	-
Ottawa	x	x	x	x	x
Port Hope	x	-	-	-	-
Québec	-	x	x	x	x
Regina	x	x	x	x	x
Resolute	-	x	x	-	-
Saskatoon	-	x	x	x	x
Sault Ste. Marie	-	x	x	x	-
St. John's (T.-N.)	-	-	-	x	x
Sussex	-			x	-
Thunder Bay	-	x	x	x	x
Toronto	-	x	x	x	x
Truro	-	-	-	x	-
Vancouver	-	x	x	x	x
Whitehorse	-	x	x	-	x
Windsor	-	x	x	x	x
Winnipeg	-	x	x	x	x
Yellowknife	-	x	x	-	x

"x" indique qu'un certain type d'échantillonnage est effectué à une station donnée.

Figure 1. Réseau canadien des stations d'échantillonnage

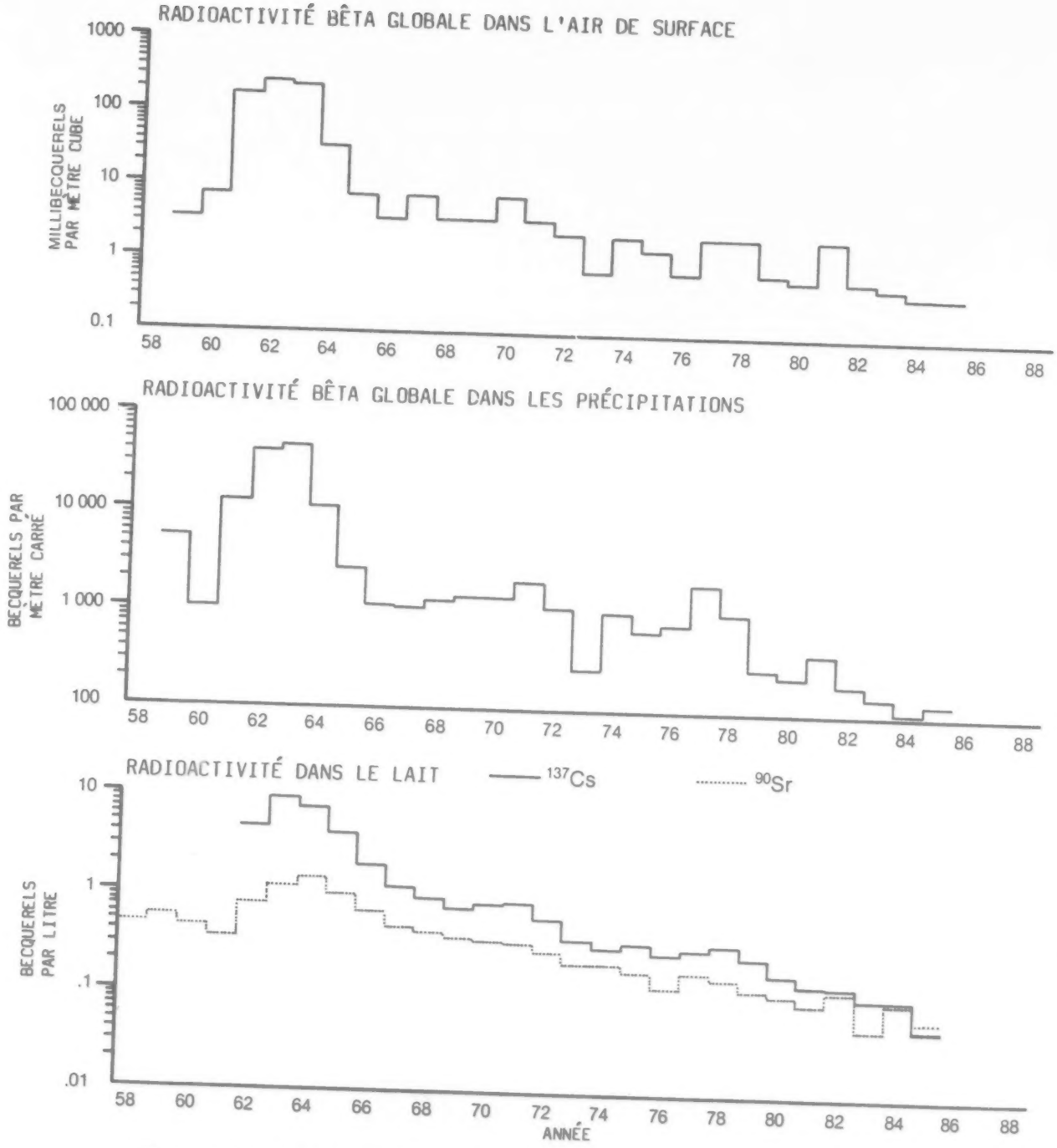


Figure 2. Tendances des retombées, moyennes nationales - 1958-1985

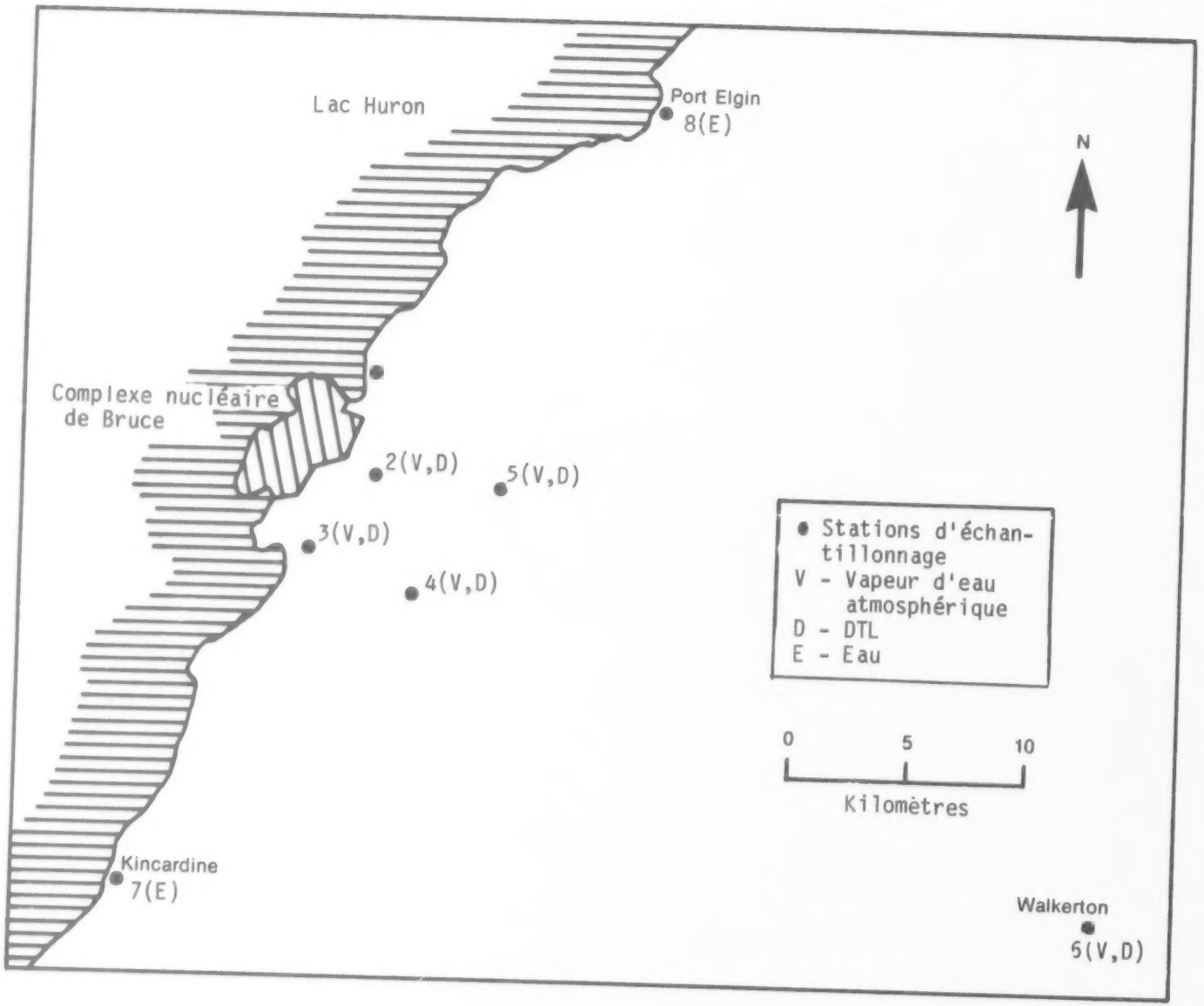


Figure 3. Stations d'échantillonnage à proximité du complexe nucléaire de Bruce

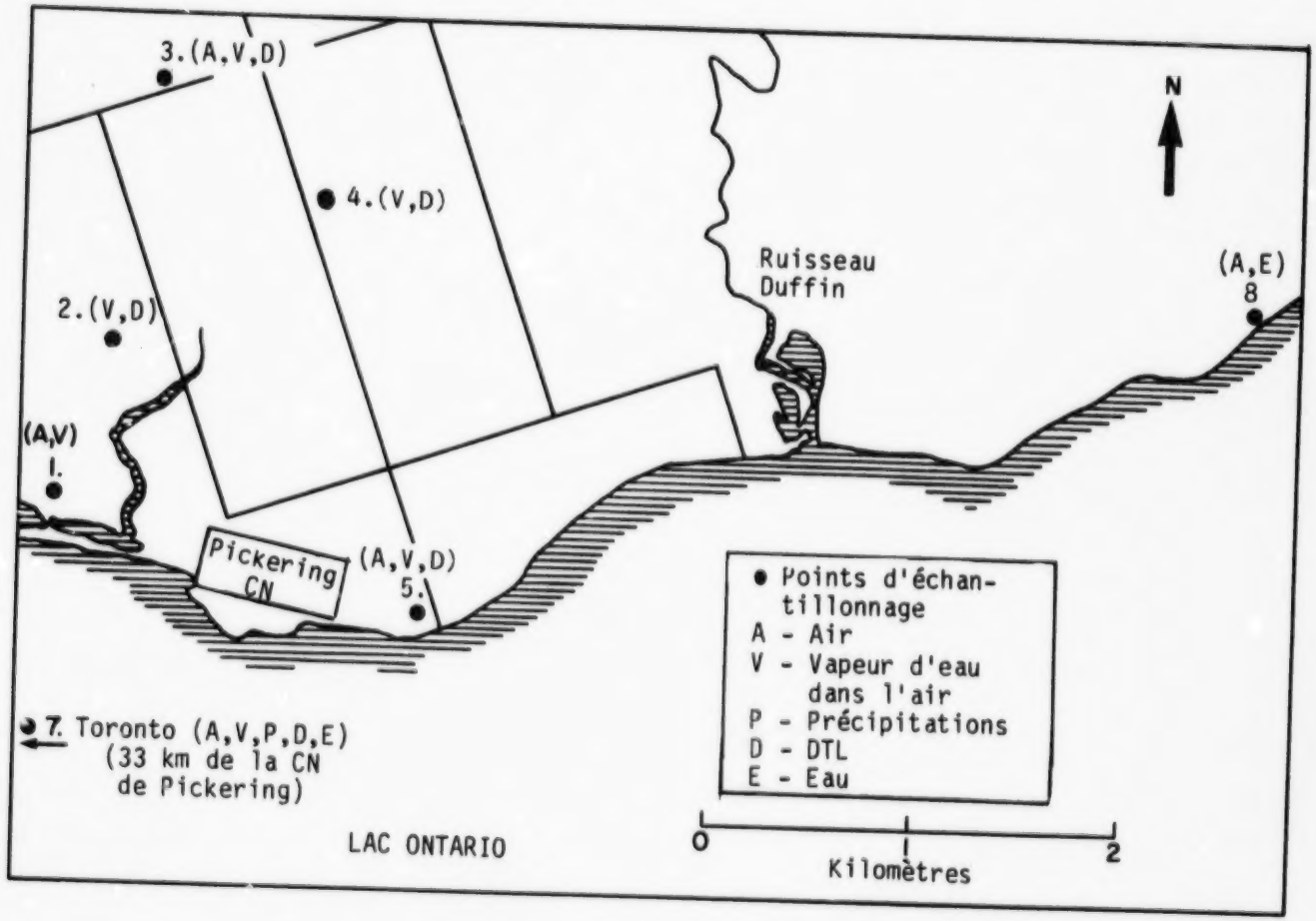


Figure 4. Stations d'échantillonnage à proximité de la centrale nucléaire de Pickering

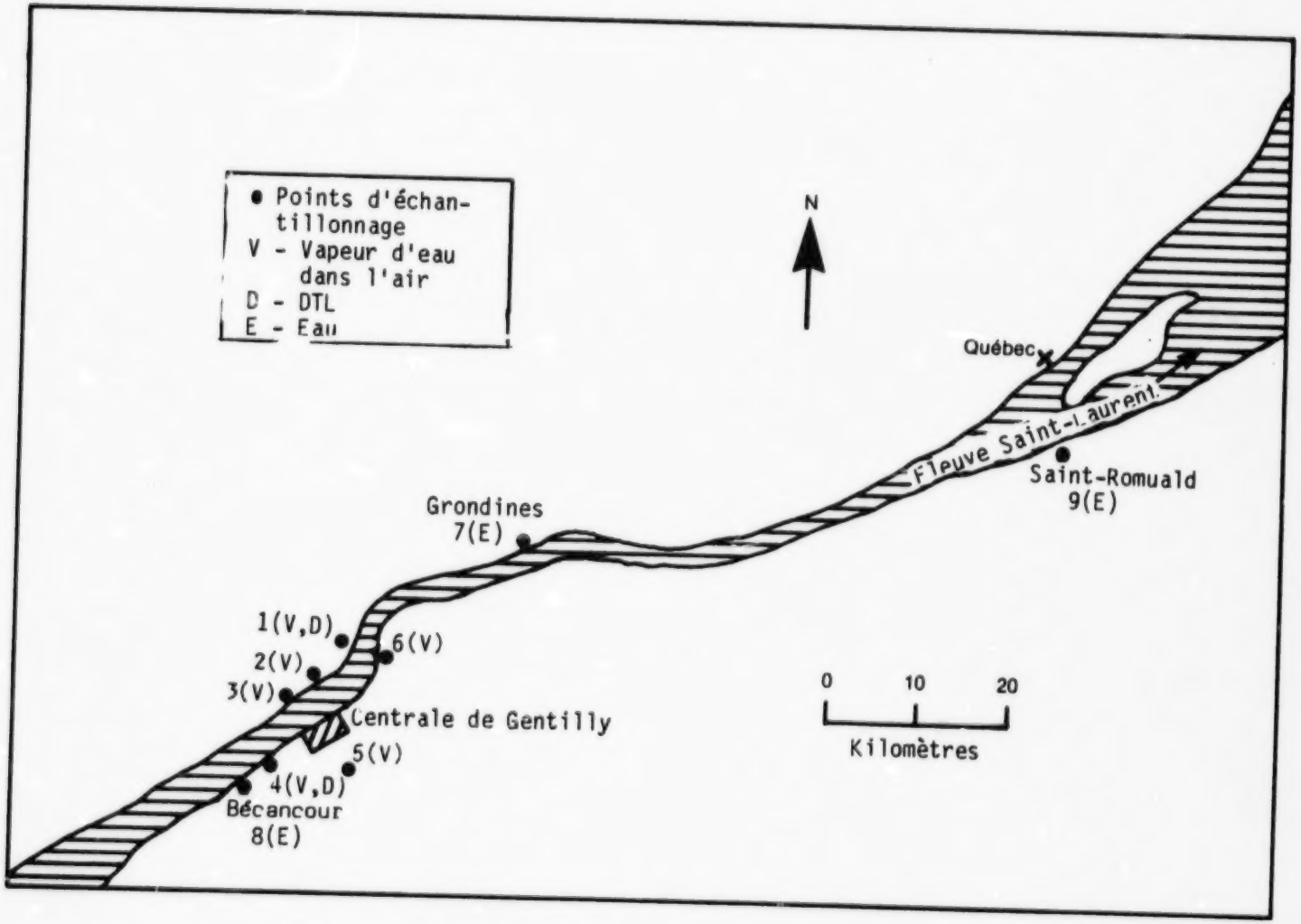


Figure 5. Stations d'échantillonnage à proximité de la centrale nucléaire de Gentilly

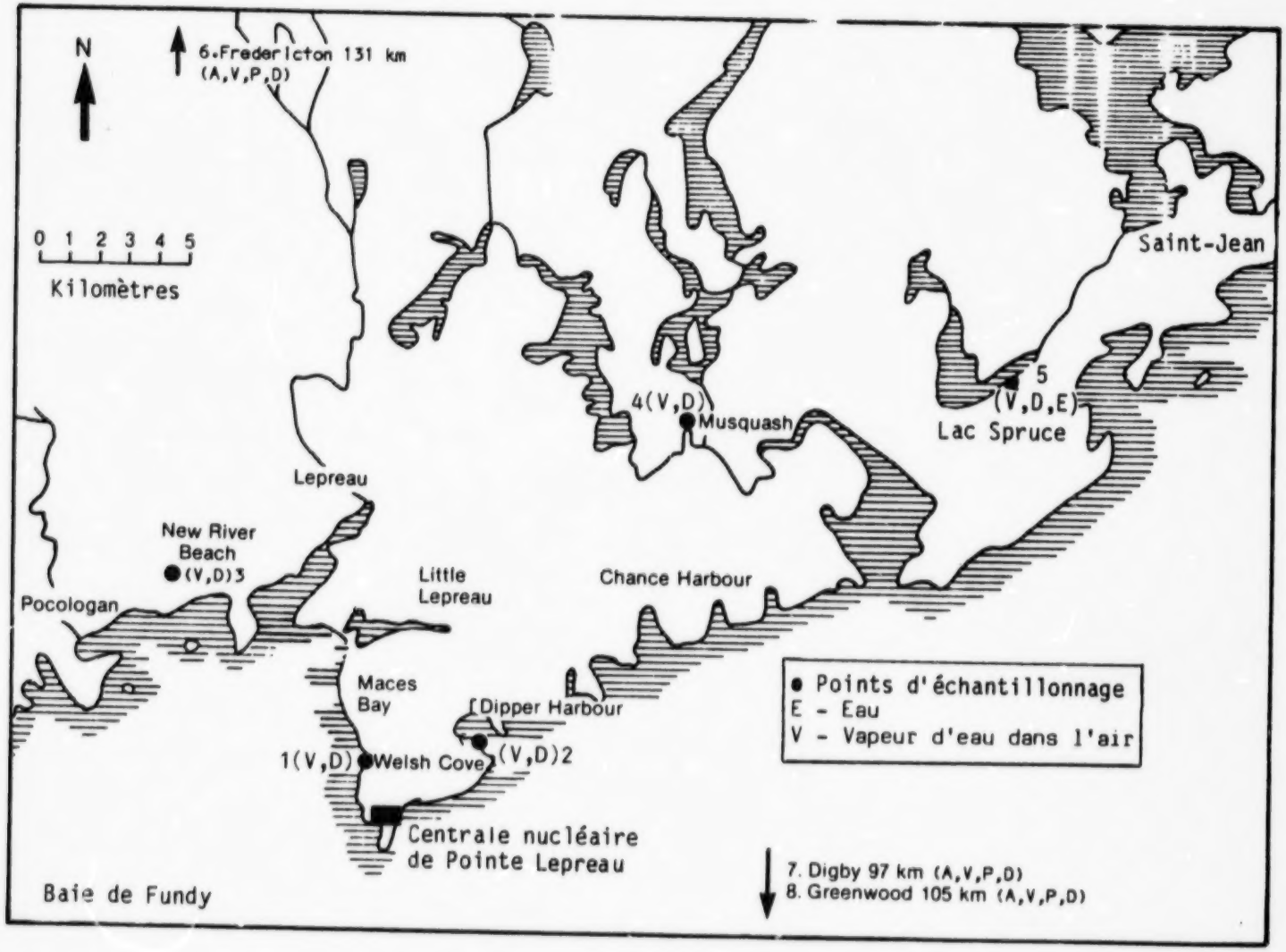


Figure 6. Stations d'échantillonnage à proximité de la centrale nucléaire de Pointe Lepreau

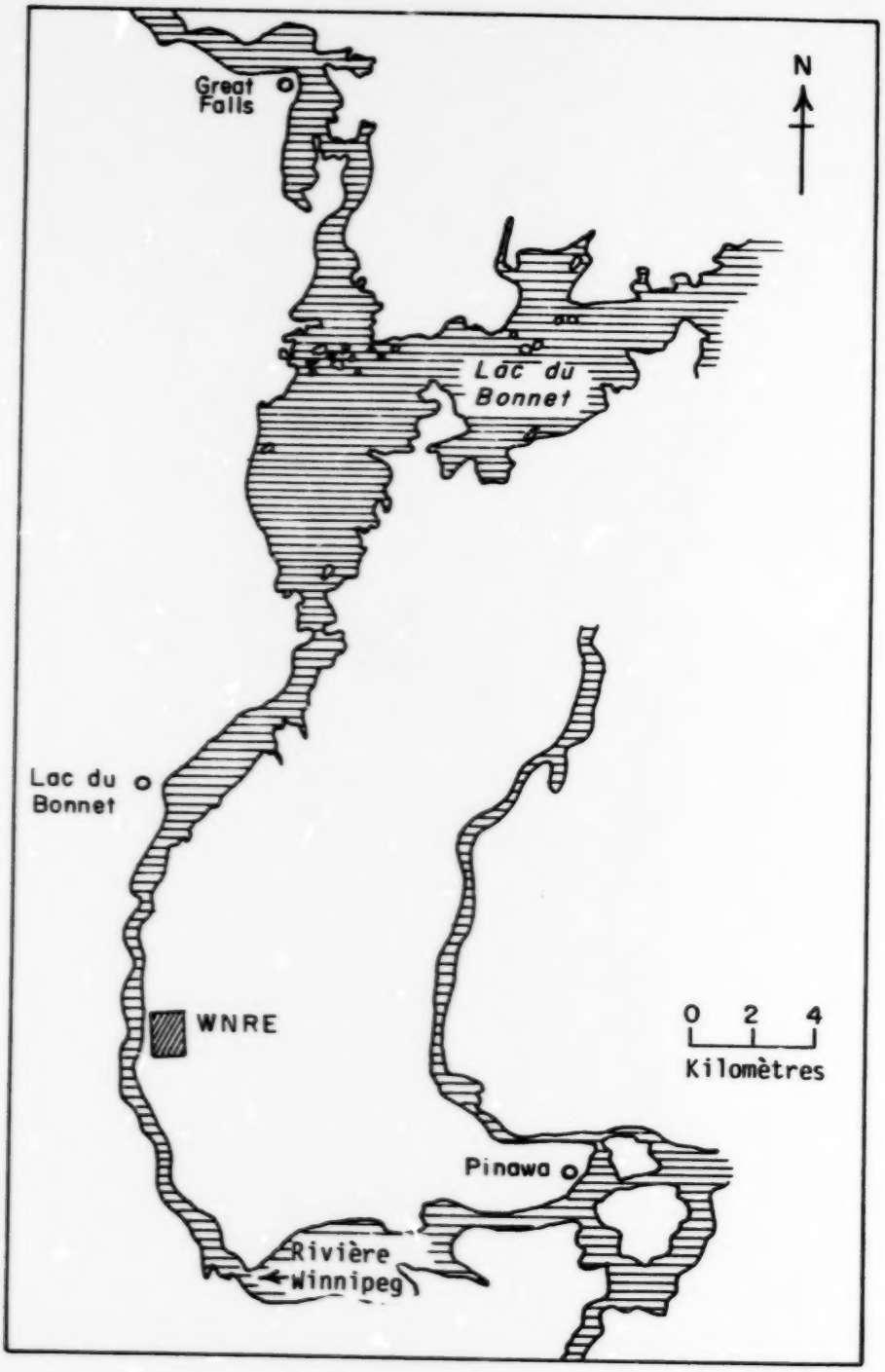


Figure 7. Stations d'échantillonnage sur la rivière Winnipeg: eau potable

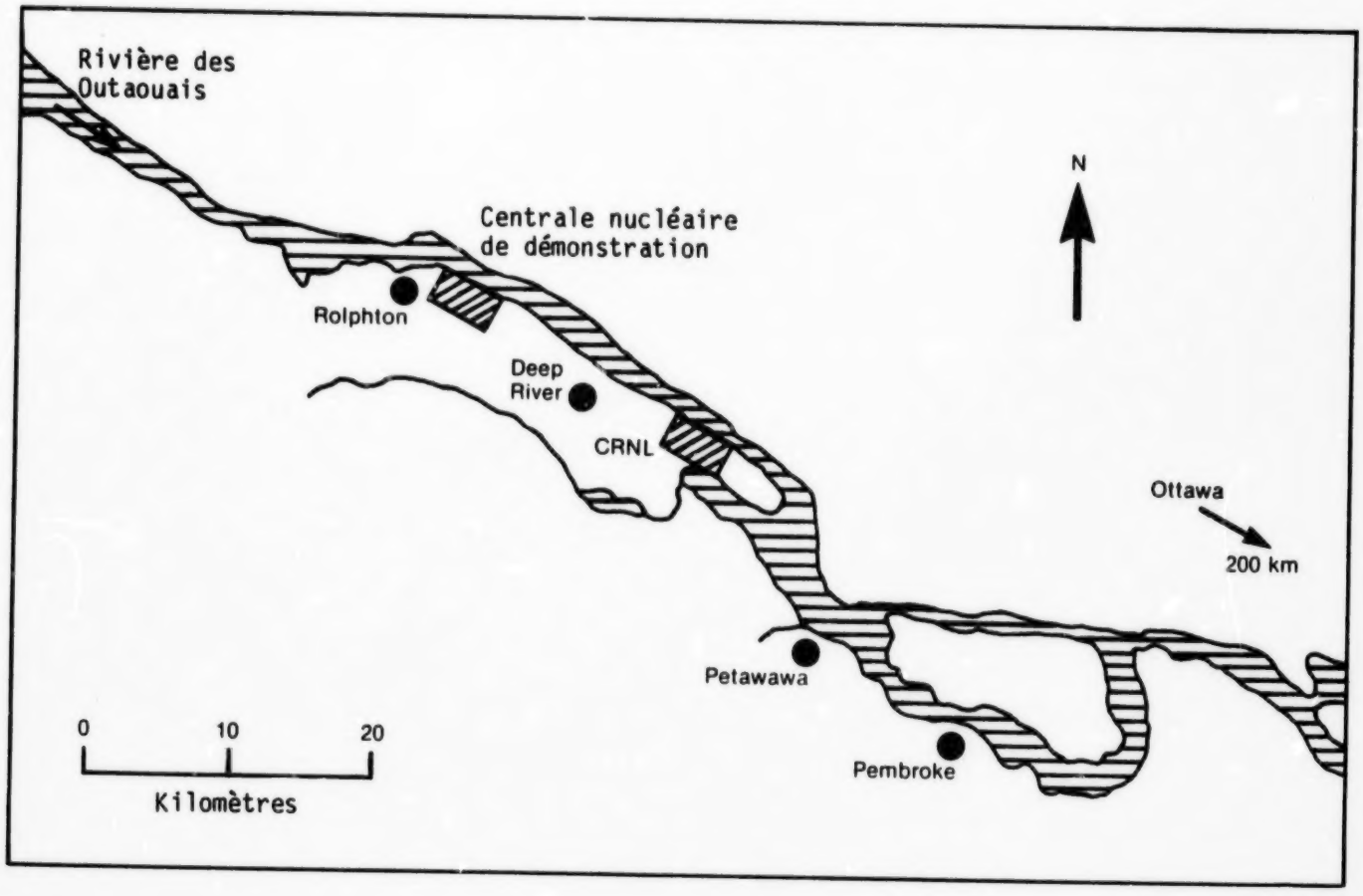


Figure 8. Stations d'échantillonnage sur la rivière des Outaouais: eau potable